DIE NATURWISSENSCHAFTEN

BEGRÜNDET VON A. BERLINER UND C. THESING

UNTER MITWIRKUNG VON

J. BARTELS E. BEDERKE H. BROCKMANN P. TEN BRUGGENCATE C. W. CORRENS H. v. FICKER
R. GRAMMEL O. HAHN R. HARDER M. HARTMANN W. HEISENBERG A. KÜHN M. v. LAUE
H. MARTIUS R. W. POHL H. REIN E. SCHMIDT

HERAUSGEGEBEN VON

ARNOLD EUCKEN

ORGAN DER MAX PLANCK-GESELLSCHAFT ZUR FÖRDERUNG DER WISSENSCHAFTEN

SPRINGER-VERLAG / BERLIN · GÖTTINGEN · HEIDELBERG

36. JAHRGANG HEFT 5 (129—160) 1949

INHALT:

Zur Geschichte der Entdeckung der Natur der Becquerelstrahlen. Von St. Meyer 129

Die räumliche und zeitliche Gliederung des Eiszeitklimas (Fortsetzung und Schluß). Von J. Büdel 133

Der Generationswechsel der Pflanzen. Von K. Paech 140

Die Lokalisation des Schalles im Raum. Von H. Klensch 145

Berichte.

Zusammenhänge in der Chemie schwefelhaltiger Naturstoffe (Fortsetzung und Schluß). Von A. Schöberl 149

Kurze Originalmitteilungen.

Zur Interpretation der ausgezeichneten Nucleonenzahlen im Bau der Atomkerne. Von H. E. Sueß, O. Haxel und J. H. D. Jensen 153

Modellmäßige Deutung der ausgezeichneten Nucleonenzahlen im Kernbau. Von J. H. D. Jensen, H. E. Sueß und O. Haxel 155

Über die unmittelbare Messung unregelmäßiger Gitterstörungen mit dem Geiger-Zählrohr. Von R. Fricke und A. Seitz 156

Zur Statistik polarer Luftdruckwellen. Von E. Brandtner und H. Flohn 156

Zur Struktur der Eiweißstoffe. Von F. Micheel und B. Herold 157

Menschliche Toxoplasma-Infektionen in Deutschland. Von G. Piekarski 158

Besprechungen.

Kühnert, H., Der Briefwechsel zwischen Otto Schott und Ernst Abbe über das optische Glas 1879—1881. (Ref.: A. Eucken) 158

Oberdorfer, E., Pflanzensoziologische Exkursionsflora für Südwestdeutschland und die angrenzenden Gebiete. (Ref.: F. Firbas) . . . 159

Nickerson, W. J., Biology of pathologenic fungi. (Ref.: W. Schwartz) 160

Ausgegeben im Juli 1949.

Es beginnen wieder zu erscheinen:

ERGEBNISSE DER PHYSIOLOGIE

biologischen Chemie und experimentellen Pharmakologie

Herausgegeben von:

O. Krayer Boston — **E. Lehnartz** Münster i. W. — **L. Lendle** Göttingen — **A. v. Muralt** Bern — **F. H. Rein** Göttingen

In Vorbereitung befindet sich: **46. BAND.** *Der Band wird folgende Arbeiten enthalten:*

Nachruf und Bibliographie für Wilh. Trendelenburg. Von Prof. E. Schütz-Münster
Plasma Protein Compounds. Von Prof. J. Edsall-Boston
Das Noradrenalin und ähnliche körpereigene Stoffe. Von Prof. U. von Euler-Stockholm
Die Isotopenmethode. Von Prof. K. Bernhard-Zürich
Über die Funktion der Retina. Von Prof. R. Granit-Stockholm
Über Mitosegifte. Von Prof. H. Lettré-Heidelberg
Die Elektrophysiologie der Herznerven. Von Prof. H. Schaefer-Nauheim
Wandlungen unserer Kenntnis der Funktion des Atemzentrums. Von Prof. C. F. Schmidt-Philadelphia

SPRINGER-VERLAG / BERLIN · GÖTTINGEN · HEIDELBERG

DIE NATURWISSENSCHAFTEN

erscheinen vorerst etwa halbmonatlich und können durch jede Sortimentsbuchhandlung bezogen werden. Preis für 12 Hefte mit zusammen etwa 24 Druckbogen 24.— Mark, für das einzelne Heft 2.50 Mark zuzüglich Postgebühren.

Nachdruck: Der Verlag behält sich das ausschließliche Recht der Vervielfältigung und Verbreitung aller in dieser Zeitschrift zum Abdruck gelangenden Beiträge sowie ihrer Verwendung für fremdsprachliche Ausgaben vor.

Sonderdrucke: Den Verfassern von Originalbeiträgen und Kurzen Originalmitteilungen stehen 75 Exemplare kostenfrei zur Verfügung.

Anzeigen werden vom Springer-Verlag, Berlin-Charlottenburg 2, Jebensstraße 1, angenommen. Die Preise wolle man unter Angabe der Größe und des Platzes erfragen.

Springer-Verlag

Berlin-Charlottenburg 2 Jebensstraße 1 — **Göttingen** Weender Straße 60

Redaktionelle Hinweise.

I Allgemeines.

1. Bei der Einsendung von Manuskripten an „Die Naturwissenschaften" bittet die Redaktion die Herren Autoren, stets im Auge zu behalten, daß die Zeitschrift in erster Linie den Wünschen und Interessen des weiten Kreises ihrer Leser zu dienen hat und daß daher ihnen gegenüber Sonderwünsche der Herren Autoren in bezug auf Inhalt, Form und Umfang ihrer Veröffentlichungen zurücktreten müssen, falls die Redaktion dies für erforderlich hält.

2. Vor allem bittet die Redaktion, von der Einsendung von Aufsätzen Abstand zu nehmen, die nur für einen eng begrenzten Leserkreis verständlich und von Interesse sind, und die daher in einer Fachzeitschrift ihren richtigen Platz haben. Ausnahmen bilden knapp gefaßte Schilderungen der Ergebnisse eben fertiggestellter Arbeiten: für diese ist die Rubrik „K.O.M." („Kurze Originalmitteilungen") vorgesehen. Wegen Platz- und Papiermangels sind allerdings auch hier gewisse Einschränkungen nötig. In bezug auf den Inhalt: Angenommen werden können nur wirklich wichtige Arbeiten (z. B. keine bloßen Analogiearbeiten). In bezug auf den Umfang: Im Durchschnitt kann für eine einzelne K.O.M. nur der Raum einer Spalte (etwa 1000 Silben) zur Verfügung gestellt werden.

3. Autoren, namentlich solche, welchen die Gepflogenheiten bei Veröffentlichungen in den „Naturwissenschaften" noch nicht bekannt sind, werden gebeten, in die ausführlichere Darstellung der allgemeinen redaktionellen Richtlinien Einblick zu nehmen, welche in Heft 1 des 33. Jahrgangs abgedruckt sind. Ergänzend sei hier bemerkt, daß die Rubrik „Tagesnotizen" in Zukunft nicht fortgeführt wird, daß also Einsendungen für diese zwecklos sind.

II. Spezielle Hinweise.

Alle Sendungen und Zuschriften sind zu richten an:

Redaktion der Naturwissenschaften,
(20b) Göttingen, Bürgerstraße 50.

In sämtlichen Fällen erhalten die Autoren eine Bestätigung über das Eintreffen von Manuskripten sowie über deren Annahme oder Ablehnung. In den Aufsätzen sind seltene und nur einem kleinen Leserkreis verständliche Fachausdrücke nach Möglichkeit zu vermeiden oder in einer Fußnote kurz zu erläutern. Literaturzitate sind fortlaufend zu numerieren; die angeführten Arbeiten werden dann in einem Literaturverzeichnis am Schluß der Arbeit zusammengestellt. Bei Erläuterung des Textes durch Figuren ist überflüssiger Aufwand zu vermeiden. Figurenvorlagen für Strichätzungen sind so sorgfältig herzustellen, daß nach ihnen ohne weitere Rückfragen Reinzeichnungen angefertigt werden können. Diese werden zur Zeitersparnis den Autoren im allgemeinen nicht vorgelegt, sondern seitens der Redaktion kontrolliert.

Bei photographischen Abbildungen (Autotypien) kann das Druckergebnis auf dem heute zur Verfügung stehenden Papier nur in seltenen Fällen wirklich befriedigen. Es ist deshalb ratsam, Autotypien nach Möglichkeit zu vermeiden. In vielen Fällen läßt sich das Wesentliche durch eine Zeichnung ebensogut zeigen.

Korrekturen.

Die Autoren erhalten in jedem Fall eine Fahnenkorrektur, deren umgehende Erledigung und Rücksendung (mit einem Vermerk, ob der Beitrag druckfertig oder eine Revision erforderlich ist) erbeten wird.

Besprechungsexemplare.

Es wird gebeten, von der unverlangten Zusendung von Büchern, besonders kleineren Broschüren und Zeitschriften-Heften, abzusehen, und zunächst eine Anfrage an die Redaktion zu richten, die dann von sich aus Exemplare anfordern wird. — Für die Rückgabe unverlangter Sendungen kann keine Gewähr übernommen werden.

FORMELN UND SÄTZE

für die speziellen Funktionen der mathematischen Physik

Von

Dr. Wilhelm Magnus
Professor der Mathematik an der Universität Göttingen

und

Dr. Fritz Oberhettinger
Dozent für Mathematik an der Universität Mainz

(Die Grundlehren der mathematischen Wissenschaften in Einzeldarstellungen mit besonderer Berücksichtigung der Anwendungsgebiete, Band III)

Zweite Auflage, VIII. 230 Seiten. 1948. DMark 24,60

INHALTSÜBERSICHT: I. Die Gammafunktion. — II. Die hypergeometrische Funktion. — III. Zylinderfunktionen. — IV. Kugelfunktionen. — V. Orthogonale Polynome. — VI. Die konfluente hypergeometrische Funktion und ihre Spezialfälle. — VII. Elliptische Integrale, Thetafunktionen und elliptische Funktionen. — VIII. Integraltransformationen und Integralumkehrungen. — IX. Koordinaten-Transformationen. — Zusammenstellung der benutzten Abkürzungen. — Verzeichnis der Funktionssymbole. — Literaturverzeichnis. — Sach- und Namenverzeichnis.

SPRINGER-VERLAG / BERLIN · GÖTTINGEN · HEIDELBERG

DIE NATURWISSENSCHAFTEN

36. Jahrgang Heft 5*) 1949

Zur Geschichte der Entdeckung der Natur der Becquerelstrahlen.

Nach 50 Jahren.

Von Stefan Meyer.

Im Jahre 1896 wurden die Becquerelstrahlen am Uran entdeckt, 1898 die des Thors und weiter die Polonium- und Radiumstrahlen.

Über die Wesensart dieser Strahlen war man sich aber bis Ende 1899 nicht klargeworden. Man hielt sie für eine Art Röntgenstrahlen, dachte sogar zuweilen daran, es könnten sehr kurzwellige longitudinale Lichtstrahlen sein.

Erst die Untersuchungen im magnetischen Felde, die nahezu gleichzeitig in Wien, Braunschweig-Wolfenbüttel und in Paris (Okt./Nov. 1899) gemacht wurden, brachten weitere Klärung.

Man muß sich dazu vergegenwärtigen, daß die kostbaren Präparate, mit denen die ersten erfolgreichen Versuche gemacht wurden, nicht als offene Salze in Verwendung kamen, sondern eingehüllt in Papier, Stanniol, Aluminium oder Glas. Heute weiß man natürlich, daß dabei die weichen Alphastrahlen durch die Umhüllungen absorbiert werden mußten, aber zu jener Zeit meinte man ja, daß es sich um eine Art Röntgenstrahlung handle und legte dem kein besonderes Gewicht bei. Bei der Beurteilung der ersten Experimente muß jedoch im Auge behalten werden, daß sie sich in Wahrheit zunächst nur auf jene Strahlengruppe bezogen, die man später Betastrahlen nannte.

Auf der Naturforscherversammlung im September 1899 hatte F. Giesel, der ausgezeichnete Chemiker Braunschweigs, ein schön leuchtendes Radiumpräparat gezeigt. Da ich damals mit der Untersuchung der Magnetisierungszahlen der Elemente befaßt war, bat ich ihn, ob er mir etwas Material zu meinen Untersuchungen leihen könnte.

Ein Briefwechsel möge den Gang der weiteren Entdeckungen in Wien und Braunschweig-Wolfenbüttel kennzeichnen.

An Dr. St. Meyer. Braunschweig, 10. Okt. 1899.

Sehr geehrter Herr Dr.! Einliegend sende ich Ihnen 2 g *besten* Radiumchlorids. Ich habe das Chlorid und nicht das Bromid gewählt, weil ersteres nicht hygroskopisch ist und auch mit Rücksicht auf das geringere Atomgewicht des Chlors. Ich wünsche Ihnen viel Glück zu Ihrer Untersuchung und bitte Sie, wenn Sie die Substanz nicht mehr brauchen, mir dieselbe zurückzusenden als Wertbrief.

Hochachtungsvollst
Dr. F. Giesel, Oberbergstr. 2.

Dieses damals *beste* Radiumpräparat dürfte noch kaum mehr als 1% Ra enthalten haben.

An Dr. St. Meyer. Braunschweig 16. Okt. 1899.

Sehr geehrter Herr Dr.! Ihrem in Ihrem Brief vom 12. 10. ausgesprochenen Wunsche um leihweise Überlassung des Präparates zwecks elektroskopischer Versuche auf kurze Zeit will ich gern entsprechen...

Dr. F. Giesel.

Da damit die Erlaubnis zu Untersuchungen im magnetischen Feld und zum Studium der Ionisation gegeben schien, haben St. Meyer und E. v. Schweidler zunächst tastende Versuche im Magnetfeld gemacht. Im gleichen Jahre früher von J. Elster und H. Geitel angestellte Versuche, eine Ablenkung im Magnetfeld zu finden, waren ergebnislos geblieben. Im Nachhinein kann man sagen, weil die ihnen zur Verfügung gestandenen Präparate zu schwach waren.

Nun fanden die Wiener Forscher eine deutlich nachweisbare Beeinflussung mit dem Gieselschen Präparat. Die Resultate wurden im „Anzeiger der Wiener Akademie" vom 3. Nov. 1899 und 9. Nov. 1899 zuerst mitgeteilt, waren aber den Autoren natürlich schon mehr als eine Woche vorher bekannt.

Inzwischen ergab eine Korrespondenz mit den Herren Giesel und Elster-Geitel die Notwendigkeit einer Abgrenzung der Arbeitsgebiete.

Dr. Giesel, der davon wußte, daß wir Versuche mit seiner Substanz im Magnetfeld machten, hatte nunmehr selbst auch Beobachtungen angestellt. Er war Chemiker, mit physikalischen Fragen weniger vertraut, aber es standen ihm die bekannten Wolfenbüttler Professoren Elster und Geitel als Physiker zur Verfügung.

Damals schrieb er uns:

Braunschweig, 22. Okt.. 1899.

Gegenwärtig bin ich heftig bei Polonium-Darstellung beschäftigt. Ich habe aus etwa 500 kg 0,13 g einer Substanz erhalten, die alles bis jetzt erreichte bei weitem übertrifft.

Ich teile Ihnen nun im Vertrauen mit, daß ich mit dieser Substanz und danach auch mit dem Radium eine intensive Beeinflussung sowohl der Polonium- wie der Radiumstrahlen gestern gefunden habe. Da es nun sehr gut möglich ist, daß Sie Ähnliches bei Gelegenheit Ihrer magnetischen Versuche beobachtet haben, so möchte ich Sie um freundliche Nachricht bitten...

Hochachtungsvoll
Dr. F. Giesel.

Da das Präparat Eigentum Dr. Giesel's war, und obzwar wir damals auch von Pierre Curie ein Präparat erhalten hatten, hielten wir uns nicht für berechtigt, unsere Versuche ohne ausdrückliche Einwilligung Dr. Giesel's und seiner physikalischen Berater Elster und Geitel fortzusetzen.

Brief an Dr. Giesel. Wien, 24. Okt. 1899.

Ich habe die Magnetisierungszahl Ihres Radiumpräparates gemessen und auf Grund Ihrer Erlaubnis, auch elektroskopische Beobachtungen anzustellen, gemeinsam mit Herrn Dr. E. v. Schweidler Versuche über das Strahlungsverhalten des Präparates im magnetischen Felde ausgeführt. Die vorläufigen Ergebnisse der Beobachtungen waren die folgenden:

1. $RaCl_2 + BaCl_2$ = diamagnetisch, nahe gleich reinem $BaCl_2$.
2. Die durch die Strahlung bewirkte Entladung elektrisierter Körper wird im starken Magnetfelde in ähnlicher Weise, wie es für verdünnte Luft (Elster-Geitel) bekannt war, auch in Luft normaler Dichte stark verzögert.

*) *Ausgegeben im Juli 1949.*

3. Befindet sich das Präparat selbst im Magnetfeld, der bestrahlte Körper aber außerhalb, so wurde ebenfalls starke Verzögerung der Entladung beobachtet, was darauf schließen läßt, daß die Emission im magnetischen Felde beeinflußt wird.

4. Ein Unterschied in der photographischen Wirkung (Ra im Feld und ohne Feld) *unmittelbar über dem Präparat* konnte von uns bisher nicht nachgewiesen werden. Wohl aber zeigt sich ein Einfluß des Magnetfeldes *in der Nähe*, der entweder auf eine Verringerung der Emission oder eine Beeinflussung (Ablenkung) der Strahlen zurückzuführen ist.

Diese Ergebnisse wollen wir in einer kurzen Notiz an die Wiener Akademie schicken.

Wir brechen unsere Versuche vorläufig ab und werden sie nur dann wieder aufnehmen, wenn Sie selbst uns mit Rücksicht auf das uns zur Verfügung stehende besonders starke magnetische Feld die Erlaubnis hierzu erteilen. Gleichzeitig schreiben wir an die Herren Elster und Geitel, um uns bezüglich der Abgrenzung der verschiedenen Arbeitsgebiete zu vereinbaren.

Hochachtungsvollst
Stefan Meyer.

An die Herren Elster und Geitel ging gleichzeitig ein ausführlicherer Brief mit genauerer Beschreibung unserer Versuchsanordnung unter Beilage einer Skizze und mit der Mitteilung, daß wir auch von Curie's ein Präparat zur Verfügung hatten.

Wolfenbüttel, 26. Okt. 1899

An Herren Dr. St. Meyer und E. v. Schweidler.

Sehr geehrte Herren! Geitel und ich möchten Ihren Bestrebungen in keiner Weise hinderlich sein. Dr. Giesel hat in der Tat eine höchst merkwürdige Beobachtung bezüglich der Becquerelstrahlen im Magnetfeld gemacht, und die Befürchtung, Sie könnten ihm mit der Publikation zuvorkommen, hat ihn wohl zu seinem Schreiben veranlaßt. Morgen Abend kommt er voraussichtlich zu uns. Wir werden ihm vorschlagen, seine Beobachtung in der „Physikalischen Zeitschrift" möglichst bald zu veröffentlichen. Dadurch würden Giesel's Interessen gewahrt sein und Sie würden Herrn Dr. Giesel gegenüber wieder freie Hand haben. Schließlich betone ich nochmals, daß Sie auf Geitel und mich durchaus keine Rücksicht zu nehmen brauchen. Von dem Resultat unserer Unterredung mit Dr. Giesel gebe ich Ihnen Nachricht. Mit den herzlichsten und besten Grüßen auch von meiner Frau und von Geitel bin ich

Ihr ergebenster
J. Elster.

An Dr. St. Meyer. Braunschweig, 26. Okt. 1899.

Meine Beobachtung bezieht sich *nur* auf Nr. 4 Ihrer Ergebnisse, und zwar findet eine sehr deutliche Beeinflussung der Phosphor- wie natürlich auch der photographischen Wirkung statt. Sie werden sich dort mit dem Leuchtschirm leicht von der Richtigkeit der Tatsache überzeugen. Nur in dieser Richtung möchte ich Sie bitten, mir die Untersuchung zu überlassen, was ja mit Ihren bisherigen Ergebnissen nicht kollidiert. Da Sie sich außerdem mit Elster und Geitel bez. der Abgrenzung in dieser Hinsicht ins Einvernehmen setzen, so steht selbstverständlich der Fortsetzung bzw. Vollendung Ihrer Untersuchungen nichts im Wege, und behalten Sie die Substanz nur so lange dort, wie Sie ihrer benötigen.

Ich arbeite wesentlich jetzt am Polonium, das insofern sich schwierig gestaltet, als nur sehr spärliche Mengen faßbar sind. Aus etwa 500 kg wurden 0,1 g erhalten, von außerordentlicher Wirkung; *es heißt dann aber schnell damit experimentieren, da nach früheren Erfahrungen die Wirkung bald gänzlich verschwindet und nicht wieder regenerierbar ist.* Da ich die Sachen nur nebenbei, wesentlich außerhalb meiner Berufsbeschäftigung, machen kann, so sehen Sie, daß ich alle Hände voll zu tun habe. Mit bestem Gruß

Ihr ergebenster
F. Giesel.

Aus dem von mir hervorgehobenen Satz geht klar hervor, daß Giesel, der das Präparat eingehüllt benützte, gar keine Polonium-Alphastrahlen beobachten konnte, sondern in seiner Substanz ein starkes RaE-Präparat besaß, das betastrahlend war und mit einer Halbwertszeit von rund 5 Tagen verschwand, während Po eine solche von rund 140 Tagen hat. Das erklärt auch, daß er für eingehülltes Ra und Po die gleichen Wirkungen im Magnetfeld fand.

An Dr. St. Meyer. Braunschweig, 4. Nov. 1899.

Ihre Mitteilung vom 3. Nov. hat mich sehr interessiert. Damit Sie die Sache weiter verfolgen können, werde ich Ihnen Montag das gewünschte Präparat senden, außerdem eine von meinem minimalen Vorrat natürlich nur sehr geringe Menge Polonium. Ich habe gerade etwas frisches Polonium gefertigt, so daß Sie noch die intensive Wirkung erkennen können. Welche Wirkung auf den Leuchtschirm hat das Curiesche Polonium? Elster und Geitel haben gefunden, daß meine Poloniumpräparate, die kaum mehr auf den Schirm wirkten, doch noch entladende Wirkung zeigten. Ebenso möchte ich gern erfahren, wie im Vergleich zu meinem Präparat das Curiesche Radium auf den Schirm wirkt. Vielleicht beruht der von Ihnen gefundene Unterschied nur auf der verschiedenen Intensität der Strahlen. Eine Verschiedenheit der eventuellen zugrunde liegenden Elemente anzunehmen, scheint mir nicht richtig, da die chemischen Reaktionen meiner Präparate vollkommen mit den von Curie angegebenen stimmen. Jedenfalls wird es mir sehr willkommen sein, wenn Sie mir Ihre weiteren Befunde mitteilen. Wollen Sie mir wohl auch freundlichst etwas genauer schildern, welchen Einfluß auf die Entladungsbahnen außerhalb des magnetischen Feldes Sie meinen, da das aus Ihrem Brief vom 24. Okt. nicht hervorgeht, da Sie dort nur vom magnetischen Felde sprechen.

Übrigens scheinen Elster und Geitel die Versuche bezüglich des Verhaltens der Strahlen im magnetischen Felde nicht weiter fortsetzen zu wollen. Da ich ferner eingehendere physikalische Untersuchungen nicht machen kann, so scheint es mir, besonders in Rücksicht auf Ihre neuesten Beobachtungen doch sehr nötig, daß Sie auch die Beeinflussung der Strahlen daraufhin (Verschiedenheit) in Ihre Untersuchungen aufnehmen und würde ich meinen früher geäußerten Wunsch zunächst in dieser Richtung nicht ausgedehnt wissen wollen. Meine Resultate bezüglich der magnetischen Ablenkbarkeit habe ich bereits an Wiedemann eingesandt. Sollten Sie noch etwas mehr wirksame Substanz gebrauchen, so könnte ich Ihnen ja nochmals, wenn nötig, etwas leihen.

In Eile Ihr ergebenster F. Giesel.

Aus Vorstehendem erhellt, daß bereits damals die Wiener Physiker den Unterschied in der Wirkung des nicht eingehüllten (Alphastrahlenden) Polonium gegenüber der durchdringlicheren Wirkung der Ra (Beta-Strahlung) bemerkt hatten.

Wolfenbüttel, 3. Nov. 1899.

An St. Meyer und E. v. Schweidler, Wien.

Aus Ihrem letzten Schreiben ersehe ich, daß Dr. Giesel Ihnen mitgeteilt hat, um was es sich bei seinen magnetischen Beobachtungen handelt. Mein Freund Geitel und ich, wir haben in den letzten Wochen versucht, die Sache weiter zu verfolgen, sind aber zu der Erkenntnis gekommen, daß dazu unsere experimentellen Hilfsmittel nicht ausreichen. Wir möchten Ihnen kurz mitteilen, was wir beobachteten. Wenn es Ihnen Vergnügen macht, so nehmen Sie die Untersuchung vielleicht auf. Es sollte uns sehr freuen, wenn es Ihnen gelänge, das nachzuweisen, was wir suchten, aber nicht finden konnten.

Befindet sich das Präparat zwischen den Polschuhen eines Elektromagneten, so zeigen die Polonium- bzw. Radiumstrahlen eine Ablenkung, während Kathoden-

strahlen im *entgegengesetzten* Sinne abgelenkt werden. Die Radiumstrahlen verhalten sich also so, als würden sie von einem Schwarme *positiver* geladener Korpuskeln gebildet. Nach dieser Ladung der Strahlen haben wir gesucht, haben sie aber nicht auffinden können . . .

Es folgen die Beschreibungen einiger negativ ausgefallener Versuche sowie solche mit Leuchtschirmen, die genau so ausgeführt waren, wie die bereits früher von den Wienern angestellten. Dann heißt es weiter:

Am 16. November werde ich über diese Untersuchungen im Verein für Naturwissenschaften zu Braunschweig sprechen. Sie können also von dieser Mitteilung nach Belieben Gebrauch machen.

Sollten auch Ihre Versuche negativ ausfallen, d. h. sollte es Ihnen nicht möglich sein, nachzuweisen, daß die *Becquerelstrahlen die Träger positiv geladener Massen* sind, so hat man jedenfalls eine Erscheinung vor sich, die bislang in der Physik kein Analogon hat.

Einer baldigen, hoffentlich zustimmenden Antwort entgegensehend, zeichne ich mit besten Grüßen von Prof. Geitel und schönsten Empfehlungen von meiner Frau

Ihr ganz ergebenster
Julius Elster.

Die Wiener Forscher hatten aber mittlerweile erkannt, daß es sich bei diesen Versuchen um *negative*, kathodenstrahlenverwandte Partikeln und *nicht um positive* handle. Da nun im Brief Elsters vom 3. Nov. 1899 die irrige Meinung vertreten worden war, daß vom Ra (in Umhüllung) *positive* Strahlen ausgehen, also der Sinn der Ablenkung im Magnetfeld verkehrt gedeutet wurde, und weil eine Veröffentlichung in Braunschweig für den 16. November angekündigt war, haben die Wiener Forscher telegraphisch zur Vermeidung einer unrichtigen Angabe die Herren Elster und Geitel auf ihren Irrtum aufmerksam gemacht und ihnen die eigenen Resultate ausführlich schriftlich mitgeteilt. Der Inhalt deckte sich mit den nachfolgenden Sätzen aus unserer Mitteilung Phys. Z. **1**, 113 (1899).

„Ein in Papier gewickeltes Radiumbaryumchlorid-Präparat erscheint im Dunkeln infolge der Fluoreszenz des Papieres leuchtend. Im magnetischen Felde wird die Intensität des Leuchtens nicht merklich verändert, hingegen verschwindet beim Erregen unseres Feldes die Fluoreszenz auf einem einige Centimeter davor befindlichen Baryumplatincyanur-Schirm vollständig.

Befestigt man das Präparat unmittelbar auf der Rückseite des Schirmes, so sieht man im Dunkeln einen scharf begrenzten Fleck von den Dimensionen des Präparates, und zwar in unserem Falle ein Rechteck, dessen Längsseiten parallel der Verbindungslinie der Magnetpole liegen. Bringt man nun den Schirm in ein magnetisches Feld, so tritt beim Erregen desselben in der Umgebung eine Aufhellung ein in Form von zwei breiten verwaschenen Streifen, die von dem hell leuchtenden Rechteck durch einen dunkeln Zwischenraum getrennt sind (Fig. 1). Je stärker das Feld, desto schmäler wird der dunkle Raum. Je nachdem die obere oder untere Seite des Präparates durch einen undurchsichtigen Körper verdeckt wird, verschwindet der vordere helle Streifen (1) oder der hintere (2). Ein Bleiklotz, der an die Unterseite des Schirmes unter (1) gelegt wird, ändert die Lichterscheinung nicht, unter (2) gebracht, wirft er einen deutlichen Schatten. Es werden also die durch die beiden Seiten des das Präparat umschließenden Papiercouvertchens ursprünglich annähernd senkrecht nach oben und unten austretenden Strahlen im Felde umgebogen (Fig. 2), und zwar ist der Sinn der Krümmung derselbe wie der eines biegsamen Stromleiters, in dem ein *negativer* Strom im Sinne der Strahlen fließt. Die Strahlen verhalten sich also ganz analog wie Kathodenstrahlen.

Bringt man das Präparat so an den Pol, daß die von der breiten Fläche desselben ausgehenden Strahlen ungefähr die Richtung der Kraftlinien haben, und bringt gegenüber am anderen Pol (bei uns in einer Distanz von 16 cm) den Schirm an, so erscheint, solange das Feld nicht erregt ist, eine schwache gleichmäßige Fluoreszenz des ganzen Schirmes. Wird das Feld eingeschaltet, so bildet sich das Präparat ziemlich scharf auf dem Schirme ab und die Verbindungslinie von Objekt und Bild ist die Richtung der Kraftlinien. Umkehr der Feldrichtung alteriert die Erscheinung nicht.

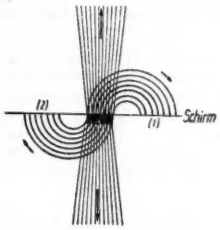


Fig. 1.

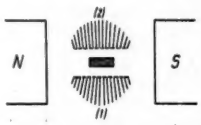


Fig. 2.

Es läßt sich dies aus den Ablenkungserscheinungen erklären, indem die Strahlen, welche parallel den Kraftlinien gehen, unbeeinflußt bleiben, die, welche dieselben schneiden, zu Schraubenlinien um sie herumgewickelt werden."

Darauf erfolgte Antwort von Elster-Geitel vom 12. November 1899.

Wolfenbüttel, 12. Nov. 1899.

An St. Meyer und E. v. Schweidler.

Sehr geehrte Herren! Wenn wir das Präparat unmittelbar an den Schirm legten, so war bei Verwendung von Ra-$BaCl_2$ die Erscheinung bei den uns zu Gebote stehenden magnetischen Kräften so wenig deutlich, daß es nicht möglich war, über den Sinn der Ablenkung ins klare zu kommen. Wir haben deshalb, um über die Richtung der abgelenkten Strahlen von vornherein besser orientiert zu sein, die strahlende Substanz stets ganz beträchtlich, bis zu 25 cm unter dem Leuchtschirm gehabt. War links N, rechts S, so wurden die Strahlen nach hinten zu abgelenkt. Alsdann brachten wir an Stelle des Ra die Kathodenplatte einer Röntgenröhre und überzeugten uns, daß die Kathodenstrahlen nach vorn hin abgelenkt wurden. Ihrem Schreiben nach scheint die Sache indessen viel komplizierter zu liegen. Vielleicht wiederholen Sie obigen einfachen Versuch und überzeugen sich von der Richtigkeit unserer Angaben. Sollte das Ihnen gesandte Präparat nicht ausreichen, d. h. der Schirm bei so großer Entfernung nicht genügend aufhellen, so bitte ich um Mitteilung; ich werde dann Herrn Dr. Giesel bitten, daß er Ihnen ein für diese Zwecke ausreichendes Präparat schickt. Mit Polonium ist die Erscheinung meist deutlicher, hier bleibt sie selbst in engen Röhren bestehen. Wir konnten daher nunmehr auch feststellen, daß die Ablenkung der Poloniumstrahlen auch im Vacuum vor sich geht. Bei obiger Anordnung war der *Sinn der Ablenkung* im lufterfüllten Raume *genau derselbe wie bei den Radiumpräparaten.* Mir scheint der Gegensatz unserer Auffassungen wesentlich darin zu liegen, daß wir die ursprüngliche Richtung der Strahlen verschieden auffassen. Ihr Versuch mit dem Bleiklotz zeigt, daß die Aufhellung (Präparat zwischen den Magnetpolen, vorn N, hinten S, nach links), die wir *ausschließlich* gesehen haben, von Strahlen herrührt, die ursprünglich von oben nach unten gingen, während wir,

entsprechend unserem Versuchsarrangement sie als von solchen herrührend betrachteten, die ursprünglich von unten nach oben gingen. Damit scheint uns der Widerspruch in unseren Beobachtungen gelöst...

Mit bestem Dank für Ihre freundliche Zuschrift und besten Grüßen von Kollegen Geitel bin ich Ihr ergebenster Elster.

P.S. Ich konnte diesen Brief doch nicht absenden, ohne die Sache nochmals probiert zu haben. Unsere experimentellen Hilfsmittel gestatten uns in der Tat nur, die von Ihnen mit (2) bezeichnete Lichterscheinung (Bleiklotz auf das Präparat aufgelegt) hervorzubringen. Liegt das Präparat auf einer Bleiplatte auf, so verschwindet die ganze Erscheinung. Damit ist aber der Widerspruch, der in unseren Beobachtungen im Vergleich mit den Ihrigen lag, geklärt. *Wir hatten die Strahlrichtung von unten nach oben gerechnet, während wir tatsächlich Strahlen vor uns hatten, die in entgegengesetzter Richtung gingen.*

Mit dem Poloniumpräparat ging die Sache am besten, wenn wir dies in ein dünnwandiges Glaskügelchen einschmolzen und dies dann mit Seidenpapier umwickelten, um beim eventuellen Zerbrechen die kostbare Substanz nicht zu verlieren. Vielleicht empfiehlt sich dies Verfahren auch beim Radium. Man kommt so doch einer punktförmigen Lichtquelle einigermaßen nahe. D. O.

Es mögen noch einige Briefe angeführt werden, die zeigen, in wie freundschaftlicher Weise die Unterhaltungen und Unterstützungen damals, als die Herren in Braunschweig-Wolfenbüttel unsere Publikationen schon kannten, weitergingen.

An St. Meyer. Braunschweig, 18. Nov. 1899.

Leider bin ich erst heute gegen meine Absicht zur Absendung gekommen und hoffe ich, daß der Rest der gehabten 2 g von 1,7 $BaCl_2$ und 0,79 Bromid Ihren Zwecken genügen. Andere stark wirksame Salze habe ich nur in minimalen Mengen gemacht. Ich glaube übrigens nicht, daß die beregte Verschiedenheit auf das chemische Verhalten des Salzes, sondern lediglich auf den Grad der Wirksamkeit desselben zurückzuführen ist.

(Anm.: Giesel hatte also damals im Gegensatz zu den Wienern noch nicht erkannt, daß es verschiedenerlei Strahlen von verschiedenen radioaktiven Substanzen gibt.)

Zu meinem Bedauern haben Sie mir die Anfrage nach der Wirksamkeit der Curieschen Präparate gar nicht beantwortet.

(Anm.: Diese Poloniumpräparate zeigten keine Betastrahlen, waren daher frei von RaE.)

Es würde mich besonders sehr interessieren, das an Wirksamkeit nicht verlierende

(Anm.: Nur im Vergleich mit Giesel's Präparat, der nur die Betastrahlung des RaE beobachten konnte.)

Poloniumpräparat mal sehen zu können. Wenn Sie es möglich machen können, mir dasselbe auf ein paar Tage zu senden, so würde ich Ihnen dankbar sein.

Mit besten Grüßen auch an Herrn Dr. v. Schweidler. Ihr ergebenster Dr. F. Giesel.

Das Curiesche Präparat wurde umgehend an Giesel abgesandt.

Dann kam es zu einer Verstimmung, deren Ursachen uns niemals klar wurden. Trotzdem es allen Physikern bekannt sein mußte, daß für die physikalischen Experimente Giesel auf den Rat und die Mitarbeit von Elster und Geitel angewiesen war, was ja auch aus seinem Brief vom 4. Nov. 1899 hergeht, scheint er empfindlich darin gewesen zu sein, daß ihm die Priorität der Entdeckung beeinträchtigt werden könnte. Nur so ist der folgende Brief zu verstehen.

Wolfenbüttel, 1. Dez. 1899.

An St. Meyer und E. v. Schweidler.

Ihre letzte Mitteilung an die kaiserl. Akademie, die Sie uns freundlichst zusandten, enthält einen Satz, den wir nicht unwidersprochen lassen können. Unsere Versuche über die am Leuchtschirm zu beobachtende Ablenkung der Becquerelstrahlen, über die ich Ihnen brieflich Mitteilung machte, waren lediglich Wiederholungen des zuerst von Giesel mit Erfolg angestellten Experimentes, während unsere eigenen Bemühungen vorher negativ waren. Da Sie nun unsere Namen mit dem Giesel's zusammen nennen, so liegt die Gefahr nahe, daß man uns einen Anteil an der Auffindung der Erscheinung zuschreibt, auf den wir keinen Anspruch haben... Sie werden es uns daher nicht verdenken, wenn wir eine Klarstellung des Sachverhaltes herbeiführen wollen... J. Elster.

Die gewünschte Erklärung erfolgte durch eine Notiz im „Anzeiger der Wiener Akademie". Der Vorgang entspricht jedoch bloß der übergroßen Bescheidenheit von Elster-Geitel. Es steht ganz fest, daß über den Sinn der Ablenkung Giesel nur durch die Wiener Forscher und durch Elster und Geitel aufgeklärt wurde. Giesel war ein hervorragender Chemiker, aber, wie dies auch aus dem Brief vom 4. Nov. 1899 hervorgeht, hielt er sich selbst für physikalische Fragen nicht für kompetent.

Eine bündige Zusammenfassung der Ergebnisse zur ersten Erkenntnis über die Natur der Becquerelstrahlen findet sich bei St. Meyer und E. v. Schweidler, „Radioaktivität", 1. Aufl. 1916, S. 99; 2. Aufl. 1927, S. 118.

Drei Jahre lagen also zwischen der Entdeckung der Becquerelstrahlen (1896) und der Erkenntnis ihrer Wesensart (1899), und erst 1902 brachte E. Rutherford mit der Einführung der Bezeichnung: Alpha-Beta-Gamma-Strahlen volle Ordnung in dieses Gebiet und befriedigende Charakteristik der Strahlenarten. Die Dauer zwischen Entdeckung der Röntgenstrahlen und Erfassung ihrer Natur ist noch länger. Dies mag als sehr langsam erscheinen gegenüber der anderen, überaus schnellen Entwicklung auf dem Gebiet der Radioaktivität. Es war aber eben die Zeit, in der erst bestimmte Richtlinien und Wegweisungen errungen werden mußten, und gerade das beansprucht oft erhebliche Zeitspannen.

So ging das zu vor 50 Jahren.

Die ganze Schilderung hat natürlich nicht den Zweck, Prioritäten herauszusuchen. Auch wenn weder in Wien, noch in Braunschweig-Wolfenbüttel, noch in Paris von Becquerel, der unabhängig bald darauf gleichfalls die Ablenkbarkeit der Strahlen im Magnetfeld fand — (von den Curie's auf unsere Arbeiten aufmerksam gemacht, hat er sie in seiner Publikation zitiert) —, diese Entdeckungen gemacht worden wären, hätte es nicht lange dauern können, bis sie von anderen gefunden worden wären. Das verlangte die ganze physikalische Entwicklung.

Hier sollte nur gezeigt werden, in welcher Weise damals im intimeren Betrieb, von dem die Öffentlichkeit nur selten erfährt, und im Zusammenarbeiten von Forschern an verschiedenen Orten zuweilen Entdeckungen heranreifen. Ist dann einmal das Resultat bekannt, so liest und versteht man es schnell; der Weg zur Erkenntnis braucht meist längere Zeit und ist nicht immer der kürzeste.

Eingegangen am 23. Februar 1949.

Die räumliche und zeitliche Gliederung des Eiszeitklimas

Von Julius Büdel, Göttingen.

(Fortsetzung und Schluß.)

Das europäische Lößgebiet umschloß in dem früher geschilderten Umfang einen großen Keil steppenhaft trockenen Klimas, der von Innerasien bis zur Bretagne vordrang. In der Gegenwart dringt ein entsprechender Trockenkeil durch die Pontische Steppe nur bis Podolien und die Walachei westwärts vor; allenfalls könnten die westlich der Ostkarpaten noch von edaphisch bedingten Steppenvorkommen zu einer Art „Waldsteppe" aufgelockerten Eichenmischbestände Innerungarns als die äußerste Westspitze dieses rezenten Trockenkeils gelten (s. Fig. 5). Dieser Keil ist heute durch einen mindestens 1100 km breiten Waldgürtel von der „Kältesteppe" der baumlosen Tundra am Nordsaum Europas getrennt. Ganz anders war die Ausdehnung dieser waldfreien Klimazonen in der Eiszeit (s. Fig. 6). Der von Osten vorstoßende Trockenkeil war nach Norden und insbesondere nach Westen gewaltig ausgedehnt (während seine Südgrenze gegen das mediterrane Gebirgssystem ziemlich genau derselben Linie folgte wie heute[6])). Er drang auf diese Weise über die damals tief nach Süden zurückgewichene polare Baumgrenze an der Linie Wien—Shitomir weit in den Tundrenbereich vor. Die oben als „Lößtundra" bezeichnete westliche Spitze dieses Trockenkeils war also sowohl Steppe wie Tundra (s. Fig. 6). Damit wird *Wien* zu einem wichtigen Grenzpunkt für die Gesetzmäßigkeiten der eiszeitlichen Waldverbreitung. Westlich von Wien drängte die mangelnde Sommerwärme den geschlossenen Wald weit nach Süden, an den Südfuß des französischen Zentralplateaus und der Alpen zurück; dabei fielen hier die polare Wald- und Baumgrenze zusammen. Östlich von Wien aber klafften beide auseinander. Die polare Baumgrenze drang mit der hohen kontinentalen Sommerwärme etwa bis zum 57. Grad weit nordwärts vor (d. h. also in Breiten, in denen im feuchten Westen Europas die Kerngebiete der großen Inlandeismassen lagen). Der geschlossene Wald blieb dagegen wegen der Trockenheit des Raumes auch hier tief im Süden zurück. Damit war der Wald zur Würmeiszeit sowohl im Westen wie im Osten fast allein auf das heute mediterrane Südeuropa beschränkt.

Entsprechend der allgemeinen Südverschiebung der Klimagürtel herrschten hier jedoch statt der heutigen mediterranen Hartlaubvegetation *laubabwerfende Wälder* von mittel- und nordeuropäischem Typus. Am Nordsaum des Mediterrangebietes herrschten überall subarktische Kiefern-Birkenwälder, allenfalls noch mit Lärche, Arve und Weide, aber ohne wärmeliebende Arten. In Südfrankreich und Oberitalien (Firbas, 1939) ist eine solche Zusammensetzung der eiszeitlichen Wälder ohne weiteres erklärlich, denn diese Gebiete lagen ja damals in unmittelbarer Nähe der polaren Baumgrenze. Aber auch in den Wäldern der südlichen Krim (Gritschuk, 1946) und vermutlich auch in denen der Süddobrudscha herrschte ein ähnlicher Waldtyp, und zwar offenbar auf Grund eines sehr harten und langen Winters im *ganzen* eiszeitlichen Osteuropa bis zur Schwarzmeerküste hin, denn hier lag ja die polare Baumgrenze erst sehr viel weiter im Norden. Erst südlich der Pyrenäen (Cailleux, 1945) und des Apennin (Firbas, 1939) stellten sich Mischwälder vom mitteleuropäischen Typus mit wärmeliebenden Arten ein, und dasselbe war im Osten vermutlich auch erst südlich der Rhodopen und des hohen Zentralkaukasus der Fall (schematisch in Fig. 4 angedeutet). Erst im äußersten Süden des Mittelmeergebietes, in Syrien und Palästina (Picard, 1938), und ebenso vermutlich auch in Nordafrika südlich der Atlasketten treffen wir auch in den Kaltzeiten die heutige mediterrane Hartlaubflora wieder.

Die Existenz dieses sommergrünen Laubwaldes im größten Teil des eiszeitlichen Mittelmeergebietes beweist, daß damals die sommerliche Trockenzeit, die diesen Raum heute bis zu seiner Nordgrenze auszeichnet, nicht bestand. Es müssen somit die sommerlichen Etesien in diesem Raum weit schwächer als heute ausgebildet gewesen sein: statt regenloser Nordwinde *müssen damals auch im Sommer regenbringende Westwinde das Mittelmeergebiet beherrscht haben*. Dies stimmt mit der anderweitig erschlossenen Abschwächung der gesamten Passatzirkulation und der Einengung des an die Passatzone gebundenen Trockengürtels gut überein. Im ganzen Mittelmeerraum und im Nordteil des saharisch-arabischen Wüstengürtels fielen damals im Sommer reichlichere Regen als heute, daher treten hier die Kaltzeiten als „Pluvialzeiten" in Erscheinung[7]).

[6]) Darin liegt zweifellos ein sehr wichtiger Zug des Eiszeitklimas begründet, der hier vorerst nur kurz gestreift sei. Die Tatsache, daß wohl die Nord- und Westgrenze des *außertropischen* eurasischen Trockenkeils weit vorgeschoben war, seine Südgrenze aber fast genau denselben Verlauf nahm wie heute, ist zunächst rein orographisch dadurch bedingt, daß dieser Trockenkeil eben hier — ehedem wie heute — an das südeuropäische Gebirgssystem mit seinen auf jeden Fall höheren Niederschlägen stieß. Zweifellos kam aber zu dieser orographischen noch eine klimatische Ursache hinzu. Wir finden hier alle trockenen Binnenbecken des mediterranen Gebirgssystems heute von *Steppeninseln* eingenommen, die von den Randsteppen des iranischen Binnenbeckens über die Steppeninseln Kleinasiens (vgl. Louis, 1939) bis zu denen Spaniens und der Atlasländer reichen. Nach Süden schließen sich diese Steppeninseln immer mehr zu dem großen geschlossenen Steppensaum am Nordrand der saharisch-arabischen Wüstenzone zusammen. Dieser ganze *tropisch-subtropische* Trockengürtel der Passatzone war während der Würmeiszeit zweifellos von Norden her durch den südwärts vorgeschobenen mediterranen Waldgürtel *eingeengt* (s. Fig. 1). Im Zusammenhang damit waren aber auch schon die iranisch-kleinasiatischen Steppenvorkommen zur Würmeiszeit *kleiner* als heute (Louis, mündliche Mitteilung, auf Fig. 6 schematisch angedeutet). Die Herabdrückung der oberen Höhengürtel erstreckt sich dort nach Louis auch auf die untere Waldgrenze, so daß die Steppeninseln in den Becken einschrumpften. War aber Anatolien zur Würmeiszeit feuchter als heute, so ist klar, warum der außertropische europäische Trockengürtel sich damals wohl nord- und westwärts, aber nicht südwärts ausdehnen konnte.

Überblickt man diese Verhältnisse im ganzen, so ergibt sich: Der *außertropische* eurasische Trockengürtel war zur Würmeiszeit nach Westen und Norden *größer*, der *tropisch-subtropische* Trockengürtel der Passat- und Etesienzone dagegen *kleiner* als heute. Dieses Ergebnis stimmt gut mit der für das Klima der pleistozänen Kaltzeiten zu fordernden *geringeren allgemeinen atmosphärischen Zirkulation* überein. Denn eine abgeschwächte Luftbewegung im Gürtel der Westwinde und der wandernden Minima muß die außertropischen Trockenräume vergrößern, ein schwächeres Wehen der Etesien und Passate dagegen die tropischen Trockenräume einengen.

[7]) Es ist dabei nicht ausgeschlossen, daß in den Kaltzeiten auch die *Winterniederschläge im Mittelmeergebiet* — mindestens stellenweise — stärker waren als heute. Europa nördlich des Mittelmeergebietes war damals im Winter wesentlich kälter als in der Gegenwart, und zwar einschließlich des Inneren der großen südeuropäischen Halbinseln. Gegenüber dem auch damals sehr warmen Meer, das durch die eiszeitliche Mediterranflora in Syrien und Palästina belegt wird, können also sehr wohl örtlich stärkere Druckgegensätze als heute geherrscht haben. So war vermutlich das langgestreckte Mittelmeerbecken während des eiszeitlichen Winters eine noch ausgeprägtere Tiefdruckrinne als heute und damit eine besonders bevorzugte Bahn der vom Atlantik hereindringenden Minima, die durch die damals sicher sehr häufige winterliche Hochdruckwetterlage über dem *ganzen* europäischen Kontinent dorthin abgedrängt wurden. Ähnliches hat schon früher Grahmann (1932) vermutet. Die große Höhe der Winterniederschläge im damaligen Mittelmeergebiet geht auch daraus hervor, daß hier die eiszeitlichen Schneegrenzflächen an den Luvseiten der Gebirge überall eine besonders starke Herabbiegung zeigen (vgl. Fig. 3). Natürlich konnten, je mehr Tiefdruckwirbel in das Mittelmeergebiet hineingezogen wurden, um so weniger den europäischen Kontinent überqueren; nördlich des Mittelmeergebietes war daher die Abschwächung der allgemeinen Westwindzirkulation, die in der Erweiterung der außertropischen Steppenzone zum Ausdruck kommt, besonders fühlbar.

Nördlich des Mittelmeerraumes war östlich und westlich des Meridians von Wien die Abstufung der Klima- und Vegetationsgürtel recht verschieden. In Osteuropa erreichte der Wald in der Süddobrudscha, auf der Krim und in Westkaukasien nach Norden seine *Trockengrenze* gegen das große osteuropäische Lößsteppengebiet. Ein spärlicher Baumwuchs (fast nur Kiefer und Birke, s. Gritschuk, 1946) war auf wenige bevorzugte Standorte beschränkt. Größere Meeresferne und geringere Erwärmung als heute schränkte die Zahl der sommerlichen Monsunwetterlagen mit reichlichen Regenfällen ein. Stärkerer Baumwuchs setzt in der Lößsteppe — wie zu erwarten — erst an ihrem Nord- und Westsaum ein (Fig. 4 und 6). So verdichtet sie sich in der Walachei und in Ungarn (besonders mit der Annäherung an die regenreicheren Gebirge des Balkans, der Dinariden und Südkarpaten) zur *Löß-Waldsteppe*, bestehend aus Kiefern, Birken, Arven, Lärchen und Legföhren (Pop, 1938; Soó, 1940; Zolyomi, 1943), wobei die beiden letzten Arten vor allem in der „tieferen alpinen Stufe" oberhalb der Waldgrenze auftraten. Aber auch am Nordsaum des großen osteuropäischen Lößsteppengebietes fand nach den oben angeführten Ergebnissen Gritschuks in dem vom oberen Dnjepr über Moskau bis zur oberen Wolga und zum Südural bei Ufa ziehenden Gebietsstreifen eine Verdichtung zur Waldsteppe (mit Kiefer, Fichte, Birke, Erle und Weide) statt. Dies geschah hier mit der Annäherung an die polare Trockengrenze des großen Lößsteppengebietes. Diese fällt aber, wie Fig. 4 und 6 zeigen, auf der Strecke vom oberen Dnjepr bis zum Mittelural sehr weitgehend mit der polaren Baumgrenze zusammen. Aus diesem Grunde kam es hier polwärts der Waldsteppe (trotz ausreichender Feuchtigkeit!) nicht mehr zur Ausbildung eines hochstämmigen Waldgürtels, da diese hier jenseits der Baumgrenze zugleich durch die mangelnde Sommerwärme verhindert wurde. Die *Waldsteppe* südlich der eng beieinander verlaufenden polaren Baum- und Trockengrenze geht daher hier unmittelbar in die nördlich davon gelegene *Waldtundra* und endlich in die vom hochstämmigen Baumwuchs völlig freien Tundrentypen nördlich von dieser über. Dieser schmale Waldsteppen-Waldtundra-Streifen zwischen dem oberen Dnjepr und dem Mittelural war also damals der einzige Rest des breiten borealen

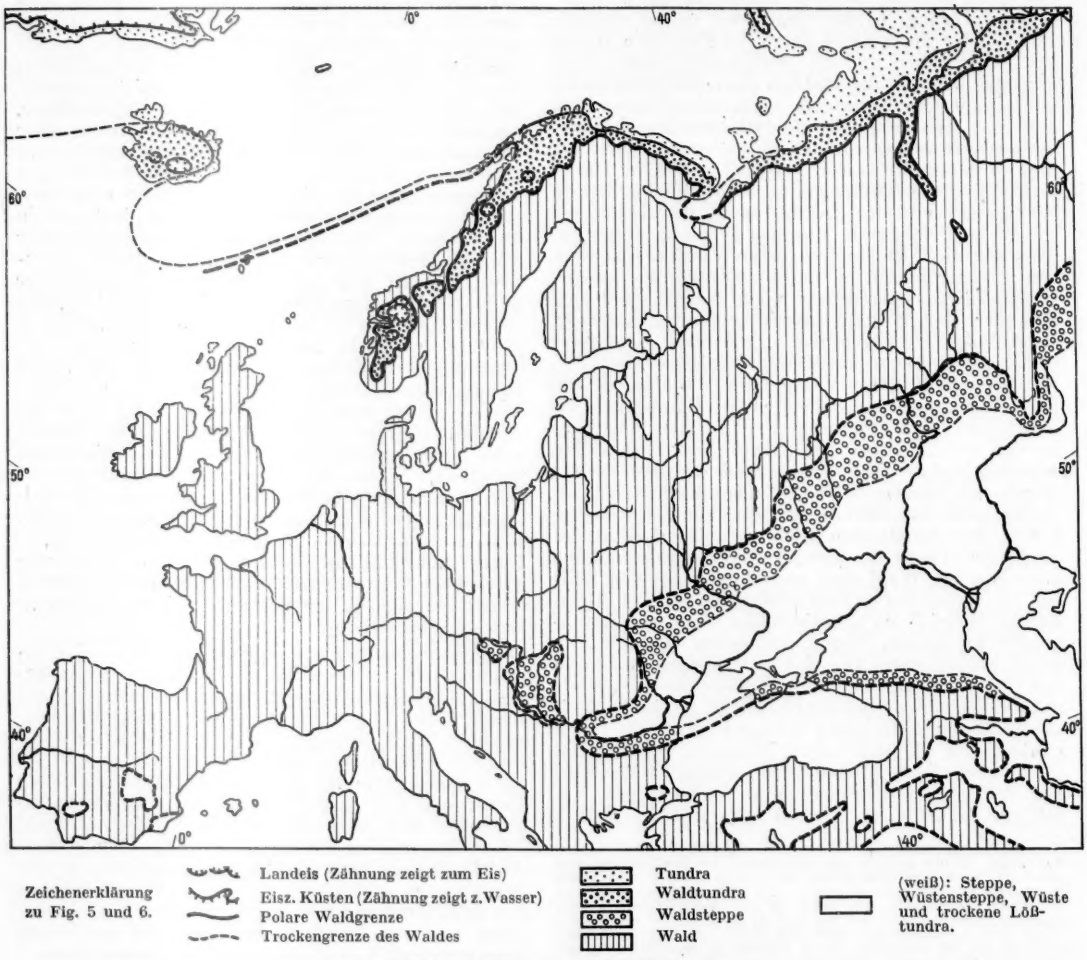


Fig. 5. Waldfreie Klimazonen im heutigen Europa.
Im Norden Eurasiens der Kältesaum der Tundrenzone, von Innerasien westwärts vorspringend der Trockenkeil der Wüsten- und Steppenzone (kleine Inseln der einzelnen Klimazonen, besonders in den Gebirgen, blieben unberücksichtigt).

Waldgürtels, der hier heute die baumlose Tundra im Norden von der baumlosen Steppe im Süden trennt (vgl. Fig. 5 und 6)[8]).

Anders bot sich die Abstufung der Klima- und Vegetationsgürtel westlich des Meridians von Wien dar. An die Wälder[9]) Oberitaliens und der französischen Mittelmeerküste schlossen sich nordwärts die tundraartig-baumlosen alpinen Stufen der Alpen und des Zentralplateaus mit ihren lokalen Gletschergebieten an. Unbeeinflußt von der Orographie vollzog sich jedoch die Abstufung der Klimazonen in Westfrankreich. Hier folgte die (hier nicht getrennte) polare Wald- und Baumgrenze ungefähr dem Lauf der Garonne, und jenseits dieser Linie schloß sich im Tiefland zwischen Garonne und Loire in normaler Weise eine lockere *Waldtundra* an (s. o. S. 110). Die Lößfreiheit dieses Raumes bezeugt dabei auch für die Eiszeit ein ziemlich feuchtes Klima. Erst nördlich der Loire beginnt der Bereich des großen Trockenkeils, der von der osteuropäischen Lößsteppe aus (die polare Baumgrenze zwischen Wien und Shitomir überschreitend) durch das große nordwesteuropäische Tundrengebiet bis zur Bretagne vordrang. Es ist der Bereich der trockenen eiszeitlichen „Lößtundra", die in der überall stark ozeanisch getönten Tundrenzone der heutigen Arktis nicht (oder nur in schwachen Ansätzen) vertreten ist. Entsprechend dem orographischen Bau Mitteleuropas wurde dieser Lößtundrenkeil von zahlreichen lößfreien Mittelgebirgen mit schütter bewachsener, hocharktischer „Frostschutttundra" durchragt (s. Fig. 4). Sehr eigenartig ist aber die Nordgrenze dieses Lößgürtels, die meist in großer Schärfe und ziemlich gestrecktem, annähernd westöstlichem Verlauf mitten durch das große baumlose Gebiet des damaligen mittleren und westlichen Europa hindurchzieht. Vom Nordrand der Lößsteppe bei Shitomir folgt diese Grenze dem Nordabfall der Podolischen Platte gegen die Pripetniederung,

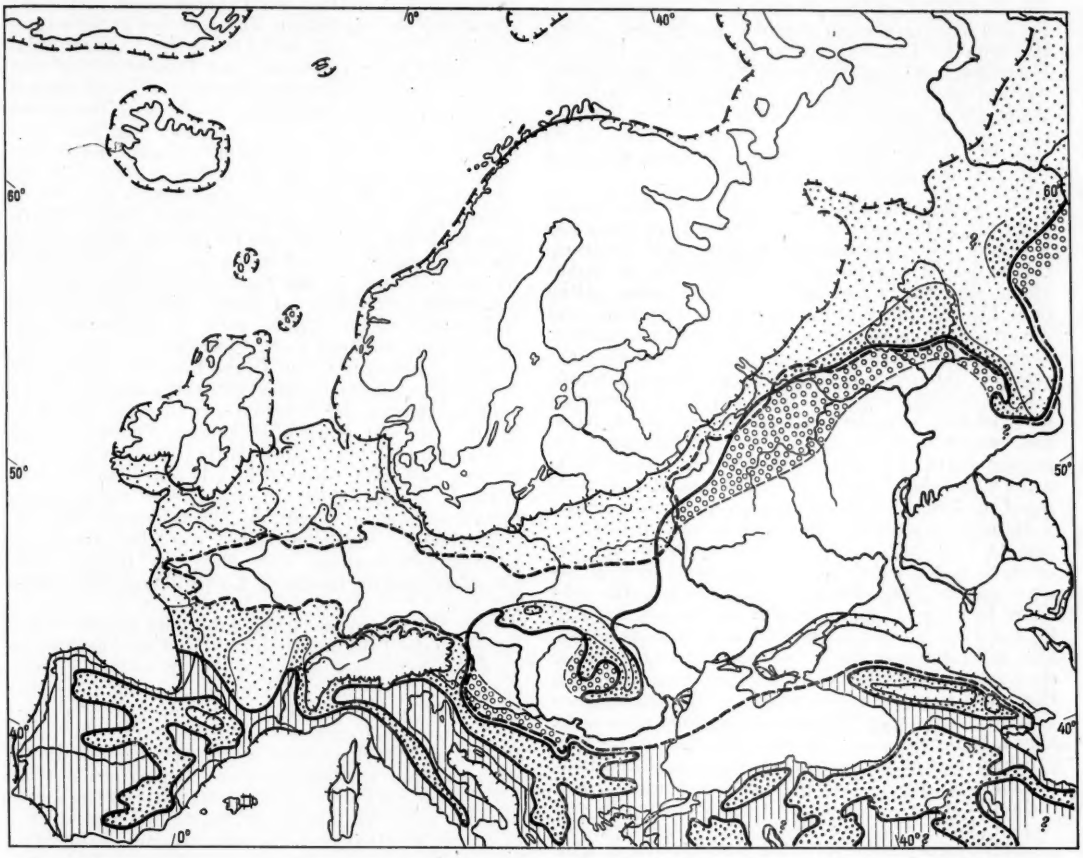


Fig. 6. Waldfreie Klimazonen im würmeiszeitlichen Europa.

Die Tundrenzone ist mit mangelnder Sommerwärme bis zur Linie Bordeaux — Lyon — Alpensüdfuß — Wien — Karpatensüdfuß — Shitomir—Ob.Dnjepr—Ob.Wolga—Mittelural südwärts vorgeschoben. Gleichzeitig springt der von Innerasien hereinragende Trockenkeil erheblich weiter nach Westen und Norden vor. Er ragt auf diese Weise westwärts der Linie Wien—Shitomir weit in das Tundragebiet hinein. Diese westliche Spitze des Trockenkeils ist also sowohl Steppe wie Tundra („Lößtundra", s. Text S. 112). Im Westen von mangelnder Sommerwärme, im Osten von mangelnder Feuchtigkeit südwärts zurückgedrängt, bleibt der geschlossene Wald fast ganz auf das mediterrane Europa beschränkt. Ein schmaler Streifen von Waldsteppe und Waldtundra im Raum zwischen ob. Dnjepr und Mittelural (d. h. beiderseits der Strecke, an der die polare Baum- und polare Trockengrenze eng beisammen verlaufen) und ähnliche Vorkommen an den Rändern der unteren Donautiefländer sind die einzigen Reste des heutigen borealen Waldgürtels zwischen der Tundren- und Steppenzone der Gegenwart (s. Fig. 5).

[8]) Die noch von Bäumen durchsetzte „Krummholzregion" oder „tiefere alpine Stufe" oberhalb der Wald-Höhengrenze ist in den Karten Fig. 4 und 6 der Einfachheit halber mit der gleichen Signatur gekennzeichnet wie der analoge Gürtel der „Waldtundra", der sich nordwärts an die polare Waldgrenze anschließt.

[9]) Aus isolierten Lößvorkommen innerhalb dieser Waldzone im obersten Garonnegebiet, an der Rhone südlich von Lyon (Regenschatten der Cevennen!) und im obersten Pogebiet (Regenschatten der Westalpen!) darf man wohl auf das örtliche Auftreten trockener Waldsteppeninseln innerhalb dieser Waldregion schließen, wie sie in Fig. 4 ausgeschieden sind.

hierauf dem Nordsaum des Karpatenvorlandes und der mitteleuropäischen Bördenzone bis zur Kanalküste bei Dünkirchen und dann auf dem damals trockenen Kanalschelf bis zum Nordsaum der (sonst lößfreien) Bretagne[10]). An dieser Grenze setzte zur Eiszeit die Lößsedimentation offenbar plötzlich aus; nördlich von ihr waren — angezeigt durch die wenigen und engbegrenzten Flottlehmvorkommen Nordwestdeutschlands und Südenglands[11]) — die Bedingungen für die Lößablagerung offenbar nur in wenigen inselartigen Vorzugsräumen gegeben. Ein großes Gebiet, das (von der Löß-Nordgrenze bis zum Rand des Inlandeises) fast ganz Weißrußland, ferner Mittelpolen, das mittlere Norddeutschland sowie ganz Nordwestdeutschland, die Niederlande, die trockenen Nordseeteile und Südengland in geschlossener Ausdehnung umfaßte, wurde damals von einer klimatisch rauhen lößfreien Tundrenzone eingenommen.

Die Nordgrenze des Lößes gegen diese Zone wurde bisher als eine *dynamische* Grenze der Auswehung von Löß aus den Endmoränen, Sandern und Urstromtälern der letzten Eiszeit aufgefaßt, die ja bisher allein als Herkunftsgebiete des Lößstaubes galten (s. S. 110). Damit ist schon der gestreckte Verlauf und die scharfe Ausprägung dieser Grenze unvereinbar; denn es ist doch wohl unmöglich, daß innerhalb einer solchen Tieflandszone Sommer und Winter, jahraus, jahrein die Stärke der lößführenden Winde immer an der gleichen Grenzlinie soweit abgenommen habe, daß gerade *da* der Niederschlag des Lößstaubes begonnen hätte. Vor allem wäre aber in diesem Falle nicht einzusehen, warum die Lößsedimentation *nicht sofort außerhalb* der jungglazialen Moränen- und Talsandflächen auf den trockenen hohen Altmoränenplatten Schleswig-Holsteins, Niedersachsens und der nördlichen Niederlande einsetzte. Statt dessen beginnt sie erst 100—500 km weiter südlich. Ich sehe daher hier eine *klima-morphologische Grenze*. Zweifellos fiel auch nördlich dieser Linie Lößstaub nieder, aber es fehlten dort die Voraussetzungen zur Bildung einer geschlossenen äolischen Sedimentdecke (s. S. 111). Hier müssen in einer pflanzenarmen, hocharktischen Tundra sehr starke Abtragungsvorgänge geherrscht haben. Daß hier in der Tat sehr wirksam solche Vorgänge in Gestalt der Kryoturbation und Frostfließerdebildung, der Abspülung und Auswehung überall verbreitet waren, geht aus den Untersuchungen von Gripp (1932), Dücker (1933), Florschütz (1938), H. Lehmann (1948), K. Richter (1949) u. a. klar hervor. Die meist scharf ausgebildete Nordgrenze des Lößes bezeichnet gegenüber dieser Zone die Ausgleichslinie, an der mit südwärts zunehmender Klimagunst die Ausbildung und Erhaltung eines geschlossenen Gras- und Krautteppichs möglich war, in dessen Bereich dann sofort eine starke Dämpfung der Kryoturbation sowie aller übrigen Abtragungsvorgänge erfolgte, so daß hier die Ablagerung von Lößdecken möglich wurde. Wir stehen somit hier an der klimabedingten Linie, die damals den Raum zwischen der polaren Baumgrenze und der Eisgrenze genau so in zwei große klimamorphologische Bereiche schied, wie dies in der heutigen Arktis der Fall ist. Dort ist gegenwärtig eine polnähere klimarauhere Zone mit nur ganz schütterem Pflanzenwuchs, aber stärksten Bodenfluß- und Abspülwirkungen von einer polferneren, dicht bewachsenen Zone mit viel langsamerem, „gebundenem" Bodenfließen und stark gehemmten Abspülvorgängen zu unterscheiden. Wir haben dort die polnähere als „Frostschuttzone", die polfernere als „Tundrenzone" bezeichnet (Büdel, 1948). Diese Begriffe lassen sich aber nicht ohne weiteres auf die entsprechenden eiszeitlichen Zonen in Mitteleuropa übertragen. Hier herrschte in viel niedrigeren Breiten bei höherem Sonnenstand und abgeschwächter allgemeiner Zirkulation selbst unter sonst ähnlichen Verhältnissen mindestens eine sehr viel größere sommerliche Trockenheit. So fehlen in den heutigen polaren Kaltklimazonen Löß- und Dünenbildung fast ganz, während umgekehrt derartige Windwirkungen in den entsprechenden Klimagürteln des eiszeitlichen Europa eine große Rolle spielen. Ich habe aus diesem Grunde für die letzteren etwas andere Bezeichnungen gewählt und die polfernere Zone hier als „Lößtundra", die rauhere und polnähere als „Frostschuttundra" bezeichnet. Mit Dücker (1933, s. S. 110) fassen wir dabei die letztere im ganzen als das große Herkunftsgebiet der im Bereich der „Lößtundra" und weitgehend auch in der östlichen „Lößsteppe" abgelagerten Lößdecken auf. Genau wie in der heutigen Arktis zeigten im übrigen auch die beiden eiszeitlichen Tundrengürtel trotz ihrer meist scharfen Abgrenzung gelegentliche Überschneidungen. Unter bestimmten aklimatischen Begünstigungen gab es auch im Bereich der Lößtundra (und der Lößsteppe) Stellen, wo auf stark fließfähigem Tongestein die Solifluktion auch auf ganz sanften Hängen die Lößbildung beständig überwältigen konnte. Hierauf hat erstmals Bulla (1938) angesichts der eigenartigen Lößverteilung am Nordrand des Bakonyer Waldes hingewiesen. Umgekehrt zeigen die obengenannten Flottlehmvorkommen, daß auch im Bereich der Frostschuttundra inselartig Lößsedimentation möglich war.

Daß die Grenze zwischen Löß- und Frostschuttundra in der Tat klimatisch bestimmt war, geht auch daraus hervor, daß sie — wie jede andere klimabedingte Polargrenze — sich von dort aus mit sanftem Aufstieg als klimatische Höhengrenze in den Gebirgen äquatorwärts verfolgen läßt. In den deutschen Mittelgebirgen steigt diese obere Lößgrenze ebenso wie alle übrigen Höhengrenzen von NNW nach SSO an, von rund 300 m im Weserbergland bis auf etwa 600 m am Norddrand der Alpen, auch hier den Raum zwischen eiszeitlicher Wald- und Schneegrenze in zwei klimamorphologische Bereiche scheidend. In der rauheren „Frostschuttstufe" der eiszeitlichen Mittelgebirge hat sehr kräftiges Bodenfließen und sehr kräftige Hangabspülung die Lößablagerung unterdrückt: hier finden wir heute allenthalben fossile Fließerdedecken und fossilen Abspülschutt (Büdel, 1944); in der Tiefe der Beckenlandschaften treffen wir dagegen mächtige Lößlager ganz ohne Zwischenschaltung gröberen Materials. Hier, in der dichtbewachsenen „Tundrenstufe" des eiszeitlichen Mitteleuropa, hatte die Vegetationsdecke stärkere Frostbodenbewegungen verhindert und so die Lößablagerung ermöglicht. Dazwischen gab es in mittlerer Höhe eine *Kampfzone*, wo Löß einerseits, Fließerde, Abspülschutt und gröberes, angewehtes Sandmaterial andererseits in Wechsellagerung traten (und zwar in eine sehr typische Form von Wechsellagerung, die uns weiter unten noch beschäftigen wird). Die obere Lößgrenze ist also auch hier zugleich die untere Grenze starker Bodenflußerscheinungen.

Beim Gesamtüberblick über die eiszeitlichen Klimazonen Europas fällt neben den großen Inlandeisgebieten vor allem die weite Ausdehnung des waldfreien Gürtels zwischen polarer Waldgrenze und

[10]) Für den Verlauf der nördlichen Lößgrenze auf dem Boden des heutigen Ärmelkanals bietet das Vorkommen von Löß auf den Normanischen Inseln (nach einer frdl. Mitteilung von P. Woldstedt) den einzigen Anhaltspunkt (vgl. Fig. 6). In der Detailkarte Fig. 4 ist die Lößtundra nur im Bereich der geschlossenen Lößvorkommen auf dem nordfranzösischen Festland eingezeichnet. — In der Bretagne findet sich der Löß nur auf der Nord- und Ostseite, d. h. im Lee der bis 400 m aufragenden zentralen Aufwölbung.

[11]) Wiederum nach freundlicher mündlicher Mitteilung von P. Woldstedt auf Grund neuerer englischer Untersuchungen.

Eisgrenze auf. Sie ist, wie wir sahen, darin begründet, daß hier die starke Südwärtsverschiebung der thermischen Klimagürtel mit einem starken Vordringen des osteuropäischen Trockenkeils nach Westen und Norden verbunden war. Der so entstandene waldfreie Raum war daher nicht nur viel breiter, sondern dank der Berührung von Kälte- und Trockensteppe auch viel reicher gegliedert als die heutige schmale Tundrenzone am Nordsaum des Erdteils. Durch die Kombination aller bekannten methodischen Wege kann man hier in der Frostschuttundra, Waldtundra, Lößtundra, Lößsteppe und Löß-Waldsteppe fünf klimamorphologische bzw. pflanzengeographische Zonen unterscheiden und ihre gegenseitige Verbreitung in den Hauptzügen festlegen (s. Fig. 4).

Die dabei zutage tretenden *Gesetzmäßigkeiten der Lößverbreitung* weisen sämtlich auf eine Entstehung durch vorherrschende Westwinde hin. Dies geht auch aus der örtlichen Herabdrückung der eiszeitlichen Schneegrenzen an den Westseiten aller europäischen Gebirge sowie aus der Tatsache hervor, daß umgekehrt *alle* hoch- und spätglazialen Flugsand- und Dünenvorkommen Europas *stets nur auf der Ostseite* der sandliefernden Eiszeittäler anzutreffen sind. Während der Löß auch von schwächeren Winden aufgeweht wurde, konnte der Flugsand nur bei kräftigen Stürmen in Bewegung geraten. Gerade die stärksten Winde müssen also damals Westwinde gewesen sein. Aus dem Formenbild der hoch- und spätglazialen Dünen ergibt sich ferner, daß ihre Richtung dabei *bis in Einzelheiten* die gleiche gewesen sein muß wie heute, nämlich Westwinde im Oberrheingebiet, in Norddeutschland und in Polen, Nordwinde im nordöstlichen Alföld (Nyirség) und endlich die an den Dünen und Dünentälern der Donau-Theiß-Platte und Panoniens so deutlich ablesbaren, beinahe radial von der Wiener Pforte ausstrahlenden nordwestlichen, nordnordwestlichen und schließlich — mit Annäherung an den Alpenrand — erneut fast rein nördlichen Windrichtungen, die in besonders klarer Weise den Einfluß des Alpengebirges auf die häufig an seinem Nordrand hinziehenden und dann nach Ungarn abbiegenden Sturmtiefs verraten (vgl. Defant, 1924, bes. Karte 7 und 11). Es ist dabei anzunehmen, daß solche deutlichen Westwetterlagen zur Eiszeit seltener, Ostlagen mit Hochdruckwetter und (meist schwachen!) östlichen Winden jedoch — besonders im Winter — häufiger waren als heute. Wichtig aber ist, daß der *Gesamtmechanismus des Wettergeschehens damals offenbar derselbe war wie in der Gegenwart.* Vor allem erwies sich die Annahme von starken, morphologisch wirksamen Ostwinden, die mit monsunartiger Beständigkeit aus einem stabilen Hoch über dem skandinavischen Inlandeis das eiszeitliche Mitteleuropa überweht haben sollten, als eine Fiktion, die in Wahrheit an keiner einzigen Beobachtungstatsache eine Stütze findet[12]).

Dies Ergebnis steht damit im Einklang, daß wir oben den Verlauf der eiszeitlichen Baumgrenze (und ebenso der Lößgrenze!) von sekundären Einwirkungen des Inlandeises völlig unbeeinflußt fanden. Offenbar haben die vorherrschenden planetarischen Westwinde solche Lokaleinflüsse übertönt; sie dürften das damalige Inlandeis in ähnlicher Weise überweht haben, wie auch heute wandernde Minima oft genug über das grönländische Inlandeis hinweggreifen und dessen stets nur sehr dünne, nach den Rändern abströmende, aber im weiteren Umkreis niemals wetterwirksam werdende Kaltlufthaut hinwegspülen (Loewe, 1935; Georgi, 1939). Noch eindeutiger zeigen endlich die wiederum von Dücker (1933) u. a. gewonnenen Ergebnisse über die eiszeitliche Frostbodenverbreitung, daß das *Eiszeitklima vom Eis unabhängig* war. Frostböden herrschten in den Altmoränengebieten der ganzen Frostschuttzone während des Vorrückens und während des Hochstandes der letzten Vereisung. Aber mit der Überschreitung des Hochstandes setzten alle Frostbodenwirkungen sofort aus. Wohl finden sich Frostbodenspuren, Windkanter usw. an verschiedenen Stellen *unter* den jungglazialen Ablagerungen, *aber nirgends mehr auf den Jungmoränen*, obwohl der Eiskuchen seit dem ersten Rückzug vom Brandenburger Stadium nicht gleich ganz zerfiel, sondern im Frankfurter und Pommerschen Stadium noch lange Halt hatte, während deren er im ganzen noch genau die gleiche Größe und Gestalt besaß wie vorher. Mit Recht schloß daher aus diesem Befund soeben Troll (1948), daß der klimatische Umschwung von der Hocheiszeit zum Spätglazial schon beim oder sogar schon etwas vor dem Erreichen des Eishochstandes sehr plötzlich erfolgte. *Das Eis fand das Frostbodenklima schon vor und hat es nicht erst geschaffen.* Eine primäre Abkühlung der Atmosphäre war der übergeordnete Vorgang, von dem alle Erscheinungen des Eiszeitalters und die gesamte Verschiebung der Klimagürtel einschließlich der Vergrößerung der Gletscher *abhängig* waren. Auf den am Schluß jeder Kaltzeit eintretenden Klimaumschwung zur folgenden Warmzeit reagierten Vegetation, Wasserhaushalt, Boden- und Formbildungsvorgänge sofort. In ziemlich kurzer Zeit stellten sich auch die kleineren Gletschergebiete mit einem entsprechenden Rückgang auf das wärmere Klima ein. Mit sehr viel größerer Verzögerung reagier-

[12]) Die spärlichen Beobachtungen, die bis jetzt über eine *Saigerung* verschiedener Korngrößen innerhalb des europäischen Lößes vorliegen, sprechen für West- und Nordwestwinde. So nimmt (nach freundlicher mündlicher Auskunft von K. Richter) in dem langgestreckten Flottlehmstreifen zwischen Cloppenburg (Süd-Oldenburg) und Hoya (Weser) die Korngröße von W nach O ab. Im ukrainischen Löß läßt sich nach Mirtschink und Krokos bei großräumigem Vergleich eine Abnahme der Korngröße von NW nach SO feststellen (vgl. Grahmann, 1932, S. 12 und 17). Die von Grahmann in derselben Arbeit (S. 7 und Tafel III) angeführte Tatsache, daß längs der polaren Lößgrenze in Mitteleuropa an allen Flüssen von der Oder bis zur Leine der Löß stets an der Westseite jedes Flußtales weiter nach Norden vordringt, während an der Ostseite jeweils zunächst Flugsande den Löß verdrängen und ersetzen, ist m. E. ebenfalls gerade ein Beweis dafür, daß während der Lößablagerung die stärksten, auch Flugsande bewegenden Winde von Westen gekommen sein müssen. Der Löß an der Westseite dieser Flüsse stammte eben weniger aus den Flußtälern als vielmehr aus dem ganzen Bereich starker Kryoturbation in der Frostschuttundra nördlich der Lößgrenze und in der Frostschuttstufe auf den Höhen der Mittelgebirge. Die Herkunft der Haupt-Lößmengen aus den höheren Stufen der Mittelgebirge erklärt auch, warum die herrschenden Westwinde dann häufig zu besonders mächtigen Lößdecken in der dichter bewachsenen Tundrenstufe am Ostfuß dieser Gebirge führen konnten. Im übrigen sind viele europäische Mittelgebirge an allen Seiten ziemlich gleichmäßig von Lößvorkommen umgeben, ein Zeichen, daß der Löß nicht, wie schwerere äolisch transportierte Medien (Flugsand oder Schnee) dicht am Boden hingeweht wurde, sondern daß bei kräftigen Stürmen über Europa die ganze Atmosphäre bis in große Höhen von dem aus den nackten Frostschutt-, Jungmoränen- und Talsand-Böden ausgewehten Lößstaub erfüllt war, der zwar *überall* niederfiel, aber eben nur in Gebieten der dicht bewachsenen, trockenen Lößtundra zur Bildung von Lößdecken aufgehäuft werden konnte. Auch die vielfach zum Beweis für nordöstliche Eiszeitwinde angeführte Tatsache, daß der Harz einen förmlichen „Lößschatten" nach SW werfe, findet von diesem Blickpunkt aus ihre einfache Erklärung darin, daß die Umgebung des Harz eben im SW die größten Höhen zeigt (Göttinger Wald, Ober-Eichsfeld, Ohmberge usw.) und damit hier weithin schon über die obere Lößgrenze aufragt. Endlich glaubte man, den durchgehend hohen Kalkgehalt des Löß an manchen Stellen nur bei östlichen Winden erklären zu können; so hat A. Penck mehrfach die Ansicht vertreten, der von der Wachau bis zur Mährischen Pforte in großer Mächtigkeit verbreitete mährische Löß könne nicht von Westwinden aufgeweht worden sein, da diese aus dem Kristallin der Böhmischen Masse nicht den Kalkgehalt in diesen Löß hätten liefern können. Ganz abgesehen davon, daß der hohe Kalkgehalt des Löß an sich noch ein Rätsel ist, und daß die große Gleichmäßigkeit dieses Kalkgehaltes eine allgemeine und keine lokale Erklärung erfordert, ist auch bei der Annahme einer solchen der Kalkgehalt des mährischen Löß leichter mit Westwinden als mit Ostwinden erklärbar. Denn im SW, W und NW dieses Lößes finden wir immerhin eine Reihe ausgedehnter Kalkgebiete (Nördl. Kalkalpen, nicht verarmte, kalkreiche Eiszeitschotter des Alpenvorlandes und in weiterer Ferne schließlich die Frankenalb und die Pläner-Mergel und -Kalke Nordböhmens), während aus östlichen Richtungen (aus den verarmten, kalkfreien Eiszeitschottern Ungarns, aus dessen Flugsandgebieten und sandig-tonigen Tertiärsedimenten und endlich aus dem Flysch und Kristallin der Karpathen) so gut wie gar kein kalkiges Material hätte ausgeweht werden können.

ten die großen Inlandeismassen: sie erreichten zuweilen sogar den Höhepunkt ihrer Ausdehnung erst dann, wenn der klimatische Höhepunkt der Kaltzeit schon überschritten war. Immerhin wuchsen hierbei die nordpolaren Inlandeismassen — von denen das grönländische Landeis einen noch erhaltenen Überrest darstellt — im ganzen noch in den Kaltzeiten an und schwanden in den Warmzeiten. Dagegen scheint sich das antarktische Inlandeis, das auch in der Gegenwart fast ganz über der Schneegrenze liegt, noch extremer verhalten zu haben: ihm konnten nach Meinardus (1925, 1928) Kaltzeiten mit geringer atmosphärischer Zirkulation schon bald keine zusätzliche Ernährung mehr bringen, so daß es schließlich gerade in den *Warmzeiten* wuchs! Nimmt man an, daß diese Warmzeiten den nordhemisphärischen Interglazialzeiten entsprechen, so ergibt sich für das antarktische Inlandeis eine so starke Verzögerung, daß seine Schwankungen gegenüber dem Wechsel der pleistozänen Warm- und Kaltzeiten in der übrigen Welt gerade umgekehrt verliefen.

Wenn von allen Wirkungen der eiszeitlichen Temperaturerniedrigung das Inlandeis am trägsten reagierte, so kann es auch mit seinen Schwankungen keinen absoluten Maßstab für die Untergliederung der Kaltzeiten in einzelne Abschnitte abgeben. Bisher wurde es mit seinen Vorrückungs- und Rückzugsphasen ausschließlich als solcher Maßstab gebraucht und erwies sich für eine stratigraphische Gliederung der Kaltzeitablagerungen in der Nähe des Eisrandes auch sehr geeignet. Aber es ist die Frage, wieweit seine Phasen wirklich mit den rein klimatischen Phasen der Kaltzeiten übereinstimmen. Man wird hier noch nach anderen *absoluten Klimamaßstäben* suchen müssen. Von der Pollenanalyse aus war bis jetzt eine Untergliederung der Kaltzeiten in einzelne Klimaphasen (entsprechend der bekannten, sehr eingehenden Klimaeinteilung der Postglazialzeit und der letzten beiden Interglazialzeiten) noch nicht möglich. Immerhin bieten sich hier auch noch andere Wege. So kann man an der oben geschilderten Lößobergrenze, wo Fließerde bzw. Schwemmsand und Löß in Wechsellagerung auftreten, ein sehr eigenartiges, immer gleichbleibendes Verhältnis zwischen diesen beiden fossilen Bodenelementen beobachten. Niemals ist in solchen Profilen von oben bis unten eine gleichmäßige Verzahnung zu finden. Vielmehr liegt an der Basis einer solchen, zeitlich zusammengehörenden Schichtfolge *stets* die Fließerde; dann kommt eine Zwischenzone, in der dünne horizontale Lößschichten noch mit Fließerdebändern oder einzelnen (windverwehten oder verschwemmten) Sandlagen wechseln, darüber folgt dann zunächst häufig noch horizontal geschichteter und dann erst im obersten Teil des Profils der eigentliche Normallöß mit senkrechter Struktur. Es gibt auch Profile, in denen die basale Fließerde mit raschem, scharfen Übergang ohne die Einschaltung einer vermittelnden Wechsellagerungszone unmittelbar von einem zunächst horizontal geschichteten und dann nach oben von immer reinerem, senkrecht geklüftetem Löß überlagert wird. Solche Profile konnte ich durch freundliche Vermittlung von Hans-R. v. Gaertner (1949) im Solling kennenlernen. Finden sich, wie in den von Schönhals (1949) beschriebenen Profilen, mehrere Löße verschiedenen Alters übereinander, so liegen auch hier etwa eingelagerte Fließerdedecken stets an der Basis jeder Lößlage; unmittelbar darüber folgt der Löß und erst *auf* diesem entstand dann der Verwitterungsboden der nächstfolgenden Warmzeit. Über dieser Verwitterungsschicht liegt dann die basale Fließerde der nächsten Kaltzeit. Daß ein solcher Löß einmal unmittelbar (d. h. ohne zwischengeschalteten Verwitterungshorizont) von einer aus derselben Kaltzeit stammenden Fließerde *über*lagert worden wäre, wurde bisher *nie* beobachtet! Soweit vielmehr Schichten dieser Art wechsellagern, beginnt jede Kaltzeit regelmäßig mit einer Fließerde und endet mit einem Löß! Hier ist eine *großzügige Gesetzmäßigkeit* erkennbar. Sie läßt sich wohl nur so deuten, daß jede „Eiszeit" in zwei Abschnitte zerfällt, einem ersten vermutlich sommerkühlen, ganz gewiß aber besonders *feuchten*, mehr ozeanisch getönten, in dem das Bodenfließen auch die tieferen Regionen Mitteleuropas beherrschte und die Bedingungen für Lößbildung (Trockenheit und dichtes, steppenartiges Vegetationskleid) ungünstig waren. Dann folgt die trockene Lößzeit mit stärksten Windwirkungen und zugleich vielleicht leichtem Hinaufrücken der steppenhaften Vegetation der Lößtundra, d. h. also wohl im ganzen mehr kontinentalem Klimaeinschlag. Die erste feuchtkühle Periode des Frühglazials wäre dann die Zeit des Wachstums der großen Inlandeismassen, die zweite, trockenere, die ihres Hochstandes (Hochglazial), an den sich dann schließlich eine dritte: das wieder wärmere und feuchtere Spätglazial, d. h. im wesentlichen die Abschmelzzeit der Gletscher anschließt.

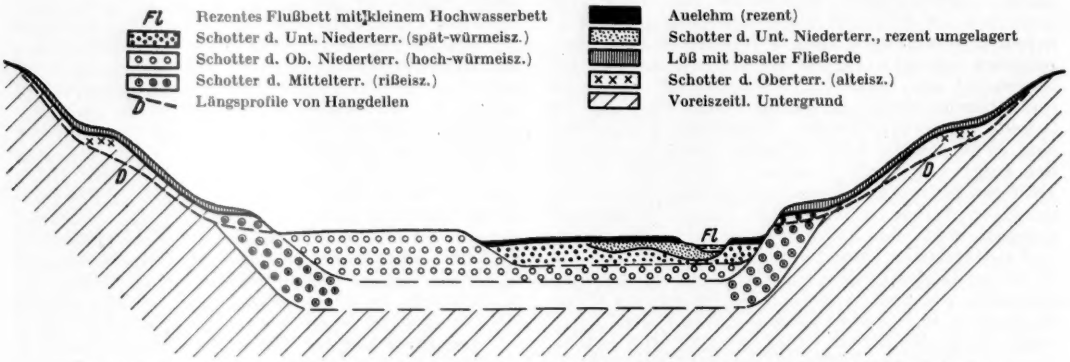


Fig. 7. Profil durch ein Flußtal mit (nichtglazigenen) Eiszeitterrassen und Hangdellen (nach Büdel und Mensching).

Eine ähnliche Mehrphasigkeit zeigt die Bildung der nichtglazigenen würmeiszeitlichen Täler. In ihren breiten, durch den Transport der stark vergrößerten eiszeitlichen Schuttmassen entstandenen Talsohlen, deren leicht gewölbter Querschnitt ihre Entstehung durch einen einheitlichen großzügigen Aufschüttungsvorgang beweist (Büdel, 1944), können nach den im

niedersächsischen Bergland durchgeführten Untersuchungen meines Schülers Mensching (1949) überall *zwei* Niederterrassenniveaus unterschieden werden: ein älteres und breiteres, das etwa 5—10 m über dem heutigen Fluß die morphologisch gut ausgeprägte „Obere Niederterrasse" bildet und auch von den höchsten Hochwassern nur noch stellenweise erreicht wird, und ein tieferes und schmäleres, das als „Untere Niederterrasse" nur 3—5 m über dem Flußspiegel zu liegen pflegt, das noch regelmäßig vom Hochwasser erreicht wird und das daher über seinem basalen eiszeitlichen Schotterkörper gewöhnlich noch eine jüngere alluviale Auelehmdecke trägt (s. Fig. 7). Beide Niederterrassen müssen klimatisch verschiedenen Phasen der letzten Kaltzeit entstammen. Da nun auch die „Obere Niederterrasse" *stets völlig lößfrei* ist, kann sie nicht älter sein als die Lößzeit, d. h. sie kann nicht bis in die frühglaziale Fließerdezeit zurückdatiert werden. Wahrscheinlich entstammt sie der hochglazialen Lößzeit selbst und hat ihre letzte Ausprägung erst mit deren Ende erhalten. Die „Untere Niederterrasse" gehört dann vermutlich dem Spätglazial an (genauer: dem ins mittlere Spätglazial fallenden markanten Kälterückfall der „jüngeren Tundrenzeit", vgl. Firbas, 1947). Dafür spricht auch, daß diese „Untere Niederterrasse" nur auf die Haupttäler und die größeren Seitentäler beschränkt ist, sie fehlt in den kleineren Nebentälern und hatte so offenbar während der sehr kurzen „jüngeren Tundrenzeit" nicht die Möglichkeit, bis in die höheren Verästelungen der Flußsysteme talbodenbildend zurückzugreifen, bevor mit der endgültigen Wiedererwärmung zu Beginn der Nacheiszeit die ganz anderen Talbildungsvorgänge der geologischen Gegenwart einsetzten. Daher „hängen" in unseren Mittelgebirgen die Talsohlen der oberen Talverzweigungen oft über denen der größeren Seitentäler; in manchen Fällen werden solche „fluviatilen Stufenmündungen" 15 m hoch (beobachtet im Solling, im Kaufunger Wald und ebenso in den niederösterreichischen Kalkvoralpen, vgl. Büdel, 1937, Fig. 25)! Bis in die frühglaziale Fließerdezeit reichen von den heute noch erhaltenen würmeiszeitlichen Talformen offenbar nur noch manche der — heute meist trockenliegenden — muldenförmigen höchsten Talanfänge (Korrosionstälchen, Dellen) zurück. Diese Dellen sind an den Flanken größerer Täler *stets* nur oberhalb der „Oberen Niederterrasse" vorhanden, können also nur gleichalt oder älter als diese sein (Fig. 7). Außerdem sind manche der in ihnen nachweisbaren Fließerdeströme noch lößbedeckt, d. h. also in der hochglazialen Lößzeit bereits nicht mehr bewegt worden.

Zusammenfassung

Alle in den pleistozänen Kaltzeiten eingetretenen und auf sämtliche irdischen Klimagürtel sich erstreckenden Wandlungen waren von einer übergeordneten Temperaturverminderung abhängig. Durch kombinierte Auswertung aller irgend verwertbaren Klimazeugen konnte eine sehr viel stärkere räumliche Differenzierung der eiszeitlichen Klimazonen und ebenso eine von der verzögerten Entwicklung der Inlandeismassen unabhängige Klimagliederung der letzten Kaltzeit durchgeführt werden.

Eingegangen am 23. März 1949.

Literatur.

Bastin, A., u. Cailleux, A., Action du vent et du gel au Quaternaire dans la région bordelaise. Bull. Soc. Géol. d. France, Ser. 5, T. XI (1941). — Blagoweschtschensky, s. P. W. Gritschuk (1946). — Brusch, M., Die Höhenlage der heutigen und der eiszeitlichen Schneegrenze in Europa, Vorderasien und Nordafrika. Gött. Geogr. Abhdl., in Vorbereitung (1949). — Büdel, J., Eiszeitliche und rezente Verwitterung und Abtragung im ehemals nicht vereisten Teil Mitteleuropas. Pet. Mitt. Erg.-Heft 229 (1937); Die morphologischen Wirkungen des Eiszeitklimas im gletscherfreien Gebiet. Geol. Rdsch. **34** (1944); Die klima-morphologischen Zonen der Polarländer. Erdk. **II**, 1—3 (1948). — Brückner, Ursachen der quartären Klimaschwankungen. Int. Geologenkongreß Stockholm, Compte rendu **I** (1912). — Bulla, B., Der pleistozäne Löß im Karpatenbecken. Földtani Közlöny **67** (1938). — Cailleux, A., Les actions éoliennes périglaciaires en Europe. Mem. Soc. Géol. de France, N. S., Mémoire 46 (1942); Sur quelques sables et grés de la région de Barcelona. Publ. del. Instituto Geologico „Miscelanea Almera", Barcelona (1945); Signification stratigraphique des caillaux et sables éolisées dans le Quaternaire de l'Europe moyenne. La Géol. des terrains récentes dans l'ouest de l'Europe, Session extraord. des Soc. Belges de Géol., Brüssel (1947). — Defant, A., Die Windverhältnisse im Gebiete der ehemaligen österreichisch-ungarischen Monarchie. Jahrb. d. Zentralanst. f. Met. u. Geodynamik N. F. **57**, Wien 1924. — Dücker, A., Die Windkanter des norddeutschen Diluviums in ihren Beziehungen zu periglazialen Erscheinungen und zum Decksand. Jahrb. d. Preuß. Geol. Lad. Anst. **54** (1933). — Firbas, F., Vegetationsentwicklung des Klimawandels in der mitteleuropäischen Spät- und Nacheiszeit. Die Naturwiss. **27** (1939); Über die späteiszeitlichen Verschiebungen der Waldgrenze. Die Naturwiss. **34** (1947). — Florschütz, F., Über die spätpleistozänen Flugsandbildungen in den Niederlanden. Comptes rendus du Congrés Int. de. Géogr. Tom II, Amsterdam (1938). — Gaertner, H. R.v., Fließerde und Löß im südlichen Solling. In Vorbereit. (1949). — Georgi, J., Das Klima des grönländischen Inlandeises und seine Einwirkungen auf die Umgebung. Abhdl. Nat. Ver. Bremen **31**, 2 (1939). — Grahmann, R., Der Löß in Europa. Mitt. d. Ges. f. Erdk., Leipzig **51** (1932); Der isländische Moldlöß, Forsch. u. Fortschr. **15** (1939). — Gripp, K., Diluvialmorphologische Probleme? Zeitschr. f. dtsch. Geol. Ges. **84** (1932) .— Gritschuk, P. W., Zur Vegetationsgeschichte des europäischen Rußlands im Quartär. In „Problems of Quarternary". Vorträge bei der Moskauer Quartärtagung im Februar 1941, ersch. i. d. Arb. d. Geogr. Inst. d. Akad. **37** (1946). Dort auch weitere Vorträge von Blagoweschtschensky, Malejew u. a. — Groß, H., Nachweis der Alleröd-schwankung im süd- und ostbaltischen Gebiet. Beih. Bot. Centr. Bl. **57** (1937). — Klute, F., Verschiebung der Klimagebiete der letzten Eiszeit. Pet. Mitt. Erg. **209**, Gotha 1930. — Lehmann, H., Über Bodenflußerscheinungen in den Niederlanden. Erdk. **II** (1948) — Loewe, F., Klima des grönländischen Inlandeises. Handb. d. Klimatologie von Köppen und Geiger II, K., III (1935). — Louis, H., Glazialmorphologische Studien in den Gebirgen der Brit. Inseln. Berl. Geogr. Arb. **6** (1934); Das natürliche Pflanzenkleid Anatoliens, geographisch gesehen. Geogr. Abhdl. **III**, 12, Stuttgart (1939); Die Spuren eiszeitlicher Vergletscherung in Anatolien. Geol. Rdsch. **34** (1944). — Meinardus, W., Über den Wasserhaushalt d. Antarktis. Nachr. Ges. Wiss. Gött., Math. Phys. Kl. 1925; Der Wasserhaushalt der Antarktis i. d. Eiszeit. Nachr. Ges. Wiss. Gött., Math. Phys. Kl. – Mensching, H., Talauen und Schotterfluren im Niedersächsischen Bergland. Gött. Geogr. Abhdl. In Vorbereitung (1949). — Penck, A., Das Klima der Eiszeit. Verh. III. Int. Quartärkonf. Wien 1936 (1938). — Picard, L., Über Fauna, Flora und Klima des Pleistozäns Palästina-Syriens. Verh. III. Int. Quartärkonf. Wien 1936 (1938). — Rathjens, C., und Wißmann, H. v., Rathjens-v. Wißmannsche Südarabienreise **III**, landeskundliche Ergebnisse. Hamb. Univ. Abhdl. aus d. Geb. d. Auslandskd. **40**, B, Hamburg (1934). – Richter, K., Die stratigraphische Bewertung periglazialer Umlagerungen im nördl. Niedersachsen. Vortrag auf d. dtsch. Quartärtagung in Hannover 1948. Im Erscheinen. (1949). — Schönhals, H., Über fossile Böden im nichtvereisten Gebiet. Vortrag auf d. dtsch. Quartärtagung in Hannover 1948. Im Erscheinen. (1949). — Scó v. Bere, R., Vergangenheit und Gegenwart der pannonischen Flora und Vegetation. Nova acta Leopoldina, N. F. **9**, 56 (1940). — Troll, C., Der subnivale und periglaziale Zyklus der Denudation, Erdk. **II** (1948). — Szafer, W., Klimaszewski, M., u. a., The Dryas Flora of Kroscienko on the river Dunajec. Inst. Geol. de Pologne, Bull. **24**, Warschau (1939). — Wißmann, H. v., Rathjens, C., und Koßmat, F., Beiträge zur Tektonik Arabiens. Geol. Rundsch. **33** (1943). — Woldstedt, P., Geologisch-morphologische Übersichtskarte des norddeutschen Vereisungsgebietes (mit Erläuterungen). Preuß. Geol. Anst. Berlin (1935). — Zolyomi, B., Die Untersuchung der fossilen Torflager und die moderne Moorforschung. Földtani Közlöny **72** (1943).

Der Generationswechsel der Pflanzen.

Zum hundertjährigen Jubiläum von Wilhelm Hofmeisters Entdeckung.

Von Karl Paech, Tübingen.

Die „Botanische Zeitung" des Jahres 1849 (7. Jahrg. S. 793/4) enthält eine vorläufige Mitteilung „Über die Fruchtbildung und Keimung der höheren Cryptogamen" von Wilhelm Hofmeister mit dem Datum: Leipzig, 30. September 1849. Hofmeister, damals erst 25 Jahre alt, war Buchhändler in seines Vaters Betrieb und beschäftigte sich nebenher als Autodidakt ohne geregeltes Studium und ohne Promotion nicht wie andere Liebhaber der Botanik mit dem Herbarisieren oder Registrieren von Pflanzen, sondern mit den für jene Zeit fortschrittlichsten anatomischen und morphologischen Untersuchungen.

Jene kurze Veröffentlichung auf reichlich drei Seiten hat ein Jahrhundert lang ihre unvergleichliche Leuchtkraft im vollen Glanze erhalten. Sie zieht uns heute vielleicht noch stärker in ihren Bann, als sie die Zeitgenossen gefesselt haben mag. Jeder Biologe sollte sich einmal in seinem Leben den nun allmählich vergilbenden Band der Zeitschrift vornehmen und in Ehrfurcht und Bewunderung die ganze Weite der Hofmeisterschen Erkenntnis zu ermessen versuchen. Den Reichtum, den wir in der Tradition unserer Wissenschaft besitzen, müssen wir immer wieder vor unseren Augen erstehen lassen, damit er in uns lebendig werde und wirke. Von der zwei Jahre später als besonderes Werk erschienenen, ausführlichen Publikation sagt Sachs in seiner bekannten „Geschichte der Botanik"(1875): „Das Ergebnis dieser vergleichenden Untersuchungen war ein so großartiges, wie es auf dem Gebiete der deskriptiven Botanik nicht zum zweiten Male vorgekommen ist." Diese Anerkennung müssen wir auch heute nicht einschränken. Unter dem für Hofmeister charakteristischen schlichten, knappen Titel, der im späteren Hauptwerk auf die Koniferen erweitert wurde, verbirgt sich die erstmalige Formulierung eines Tatbestandes, der nicht nur hellstes Licht in die Morphologie und Entwicklungsverhältnisse großer Klassen des Pflanzenreiches brachte, sondern auch eine ganz allgemeine Erscheinung im Lebensablauf der Pflanzen, von der bis dahin noch niemand eine Ahnung hatte, aufdeckte, eine Erscheinung, die in ihrem Gehalt an Bausteinen für phylogenetische, ökologische, genetische und systematische Vorstellungen auch heute noch nicht ausgeschöpft ist.

Welches war das Geheimnis, das durch jene überraschenden Veröffentlichungen vor hundert Jahren entschleiert wurde? Wir können es wohl am besten erfassen, wenn wir uns zunächst kurz unser jetziges Wissen über den Gegenstand der Hofmeisterschen Untersuchungen vergegenwärtigen. Im Gegensatz zu dem, was wir nach der unmittelbaren Anschauung annehmen möchten, sind die ausgewachsene Moospflanze auf der einen Seite und die Farn- oder Blütenpflanze auf der anderen Seite nichts Gleichwertiges in bezug auf die Entstehungs- und Fortpflanzungsverhältnisse. Jede Einzelpflanze dieser Klassen und dazu die meisten Algen und Pilze durchlaufen nämlich zwei ganz verschiedenartige Entwicklungsstufen. Die eine Phase endet mit der Produktion von Sporen, ungeschlechtlichen Fortpflanzungszellen, die andere, sich anschließende, mit der Bildung und Vereinigung von männlichen und weiblichen Gameten, den Geschlechtsprodukten. Den aus diesen unterschiedlichen Fortpflanzungszellen jeweils entstehenden Pflanzenkörper nennt man eine Generation. Der Lebensablauf jeder Pflanze umschließt also zwei verschiedenwertige Generationen, den Sporophyten und den Gametophyten (antithetischer Generationswechsel). Bei vielen Grünalgen und bei den Oomyceten ist diese Generationenfolge meist nur fakultativ und stark von Umweltbedingungen abhängig. Bei allen übrigen Pflanzen, mit Ausnahme mancher Mikroorganismen, folgen im allgemeinen zwei, bei manchen Pilzen und Rotalgen mehrere durch die Fortpflanzungsverhältnisse unterschiedene Generationen regelmäßig aufeinander. Die Individuen können sich oft allerdings nebenher noch auf vegetative Art vermehren (Konidien bei den Ascomyceten, Brutkörper der Moose, Ausläufer, Brutzwiebeln usw. bei den Blütenpflanzen). Die beiden Generationen, die sporenerzeugende (der Sporophyt) und die gametenbildende (der Gametophyt), sind morphologisch entweder ganz gleich (gewisse Phaeophyceen) oder sie haben so verschiedenen Bau, daß sie, sofern sie selbständig leben, sogar als getrennte Gattungen beschrieben worden sind. Bei den *höheren Pflanzen* (Farnen, Schachtelhalmen und Blütenpflanzen) dominiert der *Sporophyt* vollständig. Der Gametophyt existiert bei den Pteridophyten noch als freies Prothallium, bei den Phanerogamen tritt er so stark zurück, daß er gar nicht mehr selbständig, sondern in Form weniger Zellen vom Sporophyten getragen und ernährt wird. Bei *verschiedenen Braunalgen* und bei den *Moosen* ist hingegen der *Gametophyt* die umfangreichere und stärker differenzierte Generation, und in merkwürdiger Umkehr zu den Verhältnissen bei den höheren Pflanzen ist bei den Moosen gerade der Sporophyt die unselbständige, nicht mehr im Boden wurzelnde Generation, die dem Gametophyten fast nur wie ein besonderes Organ angefügt erscheint.

Mit dem Generationswechsel im Pflanzenreich ist in der Regel ein Kernphasenwechsel von haploidem zu diploidem Chromosomensatz gekoppelt (heterophasischer Generationswechsel), ohne daß beide Vorgänge jedoch ursächlich etwas miteinander zu tun haben, was sowohl durch das natürliche Vorkommen von Gametophyten und Sporophyten mit jeweils der entgegengesetzten Kernphase bei gewissen Farnen als auch durch experimentell erzeugte diploide Gametophyten von Moosen belegt wird. In der Regel bildet der Gametophyt die haploide (Haplont) und der Sporophyt die diploide Phase (Diplont). Die Verschmelzung der beiden haploiden Gameten schließt die eine und die Reduktionsteilung bei der Ausbildung der Sporen die andere Kernphase und Generation ab. Es gibt mancherlei Abweichungen von diesem allgemeinen Verhalten. Die umfangreichsten sind wahrscheinlich die als Apomixis zusammengefaßten Vorgänge, die eine verlorengegangene geschlechtliche Fortpflanzung (Amphimixis) durch einen anderen ungeschlechtlichen, nicht mit Kern- und Zellverschmelzung verbundenen Vermehrungsprozeß ersetzen. In den Fällen, in denen der Generationswechsel durchbrochen ist, kann der Kernphasenwechsel ebenfalls ausgeschaltet oder er kann auch beibehalten sein. Wir messen also heute ungeachtet aller Unregelmäßigkeiten und Variationen, die in einzelnen Gruppen vorkommen, die Entwicklung jeder Pflanze mit dem Generationswechsel, der zu den fun-

damentalen Erscheinungen des pflanzlichen Lebens gehört.

Was von diesen Verhältnissen war vor Hofmeisters Arbeiten bekannt? Es ist weit schwieriger, die beschränkten Vorstellungen von damals treffend zu skizzieren, als unsere heutigen viel umfassenderen Erkenntnisse kurz darzustellen, weil man zu jener Zeit noch gar keine vergleichenden Betrachtungen anzustellen pflegte. Die Beobachtungen über Fortpflanzung und Entwicklung waren ohne gegenseitigen Bezug ziemlich zusammenhanglos gesammelt und häufig ganz falsch gedeutet worden. In seiner vortrefflichen Hofmeister-Biographie hat v. Goebel ein Bild von den recht wirren Vorstellungen gezeichnet, die man sich zu Beginn des 19. Jahrhunderts von Entwicklung und Fortpflanzung der höheren Kryptogamen bildete. Niemandem vor Hofmeister war es eingefallen, etwa den Entwicklungsablauf einer Konifere mit dem eines Mooses oder Farnes in Beziehung zu setzen. Die damals nach langer und heftiger Polemik endlich als notwendig erkannte Bestäubung bzw. Befruchtung bei den Blütenpflanzen veranlaßte allerdings, auch bei den Kryptogamen, bei denen besonders verschleierte Einrichtungen vermutet wurden, nach den entsprechenden Organen zu suchen. Wenn man dabei die Archegonien auf den Farnprothallien, die schon bekannt waren, und auf den Moosen mit den Stempeln der Blütenpflanzen gleichsetzte, so dachte niemand an einen Vergleich des Entwicklungsganges der verschiedenen Pflanzen, sondern man wertete solche scheinbaren Übereinstimmungen nur der Funktion nach. Dabei mußte man sich in die eigenartigsten Verirrungen verrennen. Das Prothallium der Farne wurde von vielen als deren Kotyledo angesehen. Die Mooskapsel und die Sporangien von *Lycopodium* wurden mit Antheren gleichgesetzt, zu denen die Pistille fehlten, die den „Staub" aufnehmen sollten. Bei den Laub- und Lebermoosen waren die Antheridien bekannt und ihre Produkte als Geschlechtszellen gewertet; auch die beweglichen Spermatozoiden waren schon gesehen und ihre Funktion richtig vermutet worden. Völlig unschlüssig stand man aber noch vor der Frage, woher sich die „Moosfrucht" entwickle. Die Eizelle in den Archegonien und ihre Befruchtung waren noch nicht erkannt, und Hofmeister war guten Glaubens, daß er sie zum ersten Male gesehen habe. Vor ihm hatte zwar nach einer außerhalb Englands damals nicht beachteten Mitteilung Valentine die „Anfangszelle" im Bauch des Archegoniums „gesehen, aber nicht verstanden", wie v. Goebel schreibt. Schleiden, der feurige, aber oft kurzsichtige Streiter für die Erneuerung der wissenschaftlichen Botanik, bezeichnet in seinen „Grundzügen" kurz vor Hofmeisters Veröffentlichung die Moose, Bärlappe, Farne und Schachtelhalme als geschlechtslos. Bei den Moosen wußte man also noch nicht, ob, wie und wo eine Befruchtung stattfindet und welche Bedeutung die Sporenbildung hat.

Bei den Farnen war die Sachlage kaum klarer. In den „Samen" der Farne, also in den Sporen, fand man keinen Embryo und doch sah man daraus eine neue Pflanze entstehen, wobei das wohl bemerkte Prothallium, wie gesagt, lange Zeit als Kotyledo galt. Nägeli hatte auf ihm zwar „Spiralfadenorgane", also Antheridien, entdeckt, aber deren Bedeutung offenbar verkannt. Die Archegonien auf ihnen (eine Bezeichnung, die zunächst nur Sinn für die Moose hatte und die auch erst durch Hofmeister auf die weiblichen Organe der Farne übertragen wurde) waren 1847 aufgefunden und gleichzeitig war das Einschlüpfen von Spermatozoiden gesehen worden. Die Keimung der heterosporen Hydropteriden (Rhizocarpeen nach der damaligen Nomenklatur) war zwar relativ gut beschrieben aber vor allem durch Schleiden falsch gedeutet. Hofmeister erkennt sogleich (mit 24 Jahren!), daß diese Gruppe der Farne der Angelpunkt der ganzen Befruchtungslehre der Kryptogamen sein müsse, und setzt mit seiner Kritik und richtigen Erklärung gerade an diesen nicht einfachen Objekten an.

Für die Entwicklung der Koniferen lagen vor Hofmeister einige wichtige Tatsachen fest: daß nach Ankunft des Pollenschlauches der Embryo sich aus einem innerhalb des „Eiweißkörpers" unterscheidbarem Corpusculum entwickle. Im übrigen war die systematische Stellung der Koniferen noch ganz unsicher, man schloß sie meist den Dikotylen an. Bis 1849 war auch die Embryologie der Phanerogamen alles andere als klar. Vor allem die hartnäckig verteidigte, falsche Auffassung von Schleiden und seinen Anhängern (z. B. Schacht), die mit blendenden Zeichnungen „bewiesen", daß der Embryo aus der Spitze des in den Embryosack vorgedrungenen Pollenschlauches hervorgehe, stand einer richtigen Erkenntnis der Befruchtung und Embryonalentwicklung der Phanerogamen im Wege. Nach kurzen berichtigenden Mitteilungen von Mohl und Hofmeister 1847 erklärte Hofmeister mit einer ausführlichen Schrift „Die Entstehung des Embryo der Phanerogamen", der ein enormes Beobachtungsmaterial zugrunde liegt, den wahren Sachverhalt so weit auf, daß er ihn in seine vergleichenden Betrachtungen als sicheres Glied einbeziehen konnte. Verborgen blieb ihm dabei noch der Übertritt der generativen Kerne aus dem Pollenschlauch in den Embryosack. Auch dieses grundlegende Werk erschien 1849, so daß wir in diesem Jahr Anlaß haben, ein doppeltes Jubiläum der bewunderungswürdigen Persönlichkeit Hofmeisters und unserer Wissenschaft zu feiern.

Auf das hier kurz geschilderte, von allerlei Fragmenten übersäte, ganz unübersichtliche Gelände der damaligen Kenntnis vom Lebenslauf der höheren Kryptogamen und der Koniferen stellte dann Hofmeister seinen Bau in klaren, großartigen Linien. Zunächst berichtigte er, wie angedeutet, die Ansichten über die Keimung der heterosporen Farne. Der in der Makrospore entstehende Zellhaufen muß der Vorkeim, das Prothallium, dieser Gewächse sein. Aus den auf ihnen entstehenden Archegonien geht eine neue Farnpflanze hervor, sobald die auf den entsprechenden Zellkomplexen der kleinen Sporen gebildeten „Spiralzellen" Zutritt zu den weiblichen Organen haben. Die Übereinstimmung im Bau der Archegonien (der Ausdruck wird zunächst noch nicht für die Farne eingesetzt) der Hydropteriden, der Selaginellen, der Farne und von *Isoetes* „liegt auf der Hand". Mit kurzen knappen Strichen umreißt Hofmeister dann alle wesentlichen Einrichtungen und Vorgänge bei der Befruchtung der Moose und zieht auch sofort die berechtigten Verbindungslinien zu den Pteridophyten. „Die Kenntnis des wirklichen Entwicklungsganges der Moosfrucht gewährt die Möglichkeit einer Vergleichung des Vegetationsprozesses der Farrn (im weitesten Sinne) und der Moose. In keiner der beiden Gruppen entwickelt sich aus der Spore in stetigem Fortschreiten des Wachstums die Frucht, sondern die Entwicklung erfährt bei beiden, wenn ich mich des Ausdrucks bedienen darf, eine Umkehrung, indem in einer von einem bei beiden großen Pflanzengruppen wesentlich gleichartig gebauten Organ umschlossenen Zelle ein selbständiger, morphologisch von der Mutterpflanze unabhängiger Zellenkörper sich bildet, dem bei den Moosen lediglich die Fruchtentwicklung, bei den Farrn auch der weit

überwiegende Teil des vegetativen Wachstums obliegt."

Der Ausdruck Generationswechsel ebenso wie die Bezeichnung Archegonien für die weiblichen Organe der Farne werden in der vorläufigen Mitteilung noch nicht verwendet, aber die Begriffe sind implizite deutlich genug enthalten und das Wesen der Vorgänge ist eindeutig ausgedrückt. In der Zoologie war zu jener Zeit der Begriff des Generationswechsels allerdings in einer ganz anderen Bedeutung schon lange geläufig (vgl. dazu Buder). Die Sexualität der Moose und Farne war zwar durch Hofmeisters Untersuchungen im strengen Sinne noch nicht bewiesen, denn dazu hätte eine Vereinigung von Spermatozoiden mit der „großen Zelle im Grunde der weiblichen Organe" beobachtet sein müssen, was ihm zunächst noch nicht geglückt war; aber er hatte mit einer ähnlichen Methode, mit der Camerarius den Nachweis der Sexualität der Blütenpflanzen geführt hatte, nämlich durch Isolierung diözischer Prothallien, einen sexuellen Vorgang vor der Entwicklung der Sporophyten bei den höheren Kryptogamen tatsächlich erwiesen. Wenige Jahre später (1854) sah er dann wirklich das Vordringen eines Spermatozoiden in die Eiszelle eines Farnarchegoniums.

Seine vergleichenden Betrachtungen begnügten sich schon in der vorläufigen Mitteilung nicht mit den im Titel angekündigten Pflanzenklassen, sondern er zog die Verbindungslinien noch weit über sie hinaus, indem er anfügt, „die Kluft zwischen den äußeren Erscheinungsweisen der sexuellen Fortpflanzung der Cryptogamen und Phanerogamen ist nicht ganz ohne Brücke: ich glaube in den Koniferen eine Vermittlung zu finden". Seinem Blick erschien die Übereinstimmung im Bau des Embryosacks der Koniferen mit der gekeimten Makrospore von *Salvinia* und *Selaginella* so selbstverständlich, daß er mit wenigen Strichen das Pflanzenreich von den Moosen bis zu den Blütenpflanzen trotz der verwirrenden Mannigfaltigkeit in den äußeren Formen der Entwicklung auf einen einheitlichen Nenner brachte, den keiner der erfahrenen Botaniker damals gesehen, ja nicht einmal gedacht oder geahnt hatte. Wir können kaum ermessen, was die Aufdeckung so weit gespannter Zusammenhänge im Pflanzenreich für den Fortschritt der Botanik bedeutete, und wir müssen in ehrfürchtiger Bewunderung staunen, daß diese Erkenntnisse die Frucht der Erstlingsarbeit eines 25jährigen Liebhabers der Botanik gewesen sind. Ein Bruchteil seiner Erfolge hätte genügt, um ihn unsterblich in die Geschichte unserer Wissenschaft eingehen zu lassen.

Der ausführlichen Veröffentlichung der „Vergleichenden Untersuchungen usw." sind 33 große Tafeln angefügt mit zahlreichen vortrefflichen Abbildungen, von denen man sogleich den Eindruck hat, daß sie nichts enthalten, was nicht mit voller Sicherheit beobachtet wurde. Im Text, dem keine historische oder andere Einleitung vorausgeht, wird bei jeder Gruppe, angefangen von den verschiedenen Typen der Lebermoose über alle Untergruppen der Pteridophyten bis zu den Koniferen jeweils die Gesamtentwicklung, die Zellenanordnung am Vegetationspunkt, Bau und Entwicklung der Geschlechtsorgane, Befruchtung, Embryonalentwicklung, Gestaltung des Sporangiums, Sporenentwicklung und meist auch deren Keimung dargestellt. Hofmeister wäre sicher besonders beglückt gewesen, wenn er die Cycadeen mit einbezogen hätte, die mit dem Freiwerden der Spermatozoiden aus dem Pollenschlauch direkt an die heterosporen Farne anschließen, denn er knüpft an die Funktion des Pollenschlauches bei den Koniferen die Vermutung, daß „in dessen Innerem *vielleicht* Samenfäden sich bilden". Im übrigen blieb er dabei, daß sich die Befruchtung wahrscheinlich durch Diffusion einer Flüssigkeit aus dem Pollenschlauch in den Embryosack vollziehen müsse. Die Entdeckung des Übertrittes der beiden generativen Kerne blieb Strasburger (1884) vorbehalten, der später (1894) neben Overton auch die Vermutung aussprach und teilweise die Begründung dafür lieferte, daß Sporophyt und Gametophyt der Archegoniaten sich durch die Zahl der Chromosomen unterscheiden, der also den Generationswechsel mit dem Kernphasenwechsel in Verbindung brachte.

In wenigen aufs Ganze gesehen unwesentlichen Einzelheiten, waren Hofmeisters Anschauungen verbesserungsbedürftig, was bei dem ungeheueren Umkreis, den seine Untersuchungen bestrichen, nicht verwunderlich erscheint, zumal er 1851 erst 27 Jahre alt war! In den Jahren 1852 bis 1857 ergänzte und erweiterte er seine Erkenntnisse durch mehrere Abhandlungen über die Entwicklungsgeschichte der Farne, Equiseten usw. Er wird nicht müde, dabei hervorzuheben, daß die Kenntnis des Lebensablaufes der Gefäßkryptogamen der Schlüssel zum Verständnis sowohl der niederen Kryptogamen als auch der Phanerogamen sei. Es wird niemals genau festzustellen sein, wie weit der Impuls durch Hofmeisters Entdeckungen sich in experimentellen und spekulativen Arbeiten anderer ausgewirkt hat. Er selbst beteiligte sich an der unmittelbaren Entfaltung der Ideen, z. B. bei der Suche nach dem Generationswechsel der Thallophyten, nur noch unwesentlich. Sein Schaffen wandte sich u. a. der Physiologie der Zellentstehung zu. „Immer wird Hofmeister in der Geschichte der Lehre von der Pflanzenzelle mit Mohl und Nägeli als Begründer unserer Kenntnisse auf diesem Gebiete genannt werden." Einen großen Teil seiner Schaffenskraft konzentrierte er später auf die „kausale Morphologie", die Abhängigkeit der Gestaltbildung von äußeren und inneren Bedingungen und Kräften, auf den damals noch jungen Zweig der Botanik, den wir heute Entwicklungsphysiologie nennen. Er bildete darin einen Gegenpol zu der in jenen Zeiten blühenden idealistischen Morphologie. In dem Lehrbuch „Die allgemeine Morphologie" (1867) faßte er seine Vorstellungen darüber zusammen, ohne damit allerdings eine besondere Aufmerksamkeit zu erregen.

Hofmeisters epochemachenden Entdeckungen, die zwar in erster Linie seiner genialen Begabung zu danken sind, stehen natürlich nicht ganz ohne Beziehung, vielleicht sogar in Abhängigkeit zu zeitbedingten Gedanken und Strömungen in der Botanik. Technisch kamen ihm die kurz vor seiner Zeit eingeführten wesentlichen Verbesserungen des Mikroskops zu Hilfe. Geistig lassen sich hauptsächlich zwei Wurzeln namhaft machen, durch die der mächtige Baum der Hofmeisterschen Untersuchungen Nahrung bezog: einerseits die Fortschritte in der Erkenntnis von Bau und Entstehung der Pflanzenzellen (Nägeli) und andererseits die von verschiedenen Seiten mit Schwung aufgenommenen entwicklungsgeschichtlichen Untersuchungen, die Schleiden nachhaltig stimulierte. Schleidens „Grundzüge", die gerade in den Jahren erschienen, als Hofmeister anfing zu arbeiten, haben sicher mit ihrer allgemeinen Forderung nach einer streng induktiven Forschung auch in der gleichen Richtung gewirkt, in der Hofmeisters Schaffen sich bewegte. Mikroskopisches Arbeiten zwingt ja mehr als die anderen damals üblichen Wege des Forschens zu induktivem Vorgehen.

Den Zeitgenossen muß es wie Schuppen von den Augen gefallen sein, als sie Hofmeister die großen verbindenden Linien ziehen sahen, die so unähnliche Pflanzentypen wie Moose und Blütenpflanzen an-

einander anschlossen und die einen wunderbaren Gleichklang in der Entwicklung aller Pflanzenklassen aufwiesen, von dem die damalige Systematik niemals auch nur eine Andeutung hatte ahnen lassen. Diesen ersten Arbeiten von Hofmeister ist wohl nie ernsthaft widersprochen worden. Die Früchte scheinen ihm zwar teilweise streitig gemacht worden zu sein, aber die Ergebnisse blieben von der zu jener Zeit mit besonderer Heftigkeit ausgetragenen Auseinandersetzung zwischen idealistischer und entwicklungsgeschichtlicher Morphologie verschont.

Welches waren nun die unmittelbaren und die weiterwirkenden Folgen, die von diesen überragenden Erkenntnissen ausgingen? Goebel hat sicher Sachs gegenüber recht, wenn er betont, daß die Entdeckung des übereinstimmenden Generationswechsels bei den höheren Klassen des Pflanzenreichs zunächst noch nichts über deren phylogenetische Verknüpfung aussagen muß und daß Hofmeister sie auch gar nicht im Sinne der Phylogenie auswertete. Und doch ist es selbstverständlich, daß die Erkenntnis so enger Entwicklungszusammenhänge zwischen scheinbar ganz unabhängigen Klassen den Boden für die kurz danach formulierte Deszendenztheorie ebnete. Es ist ebenso klar, daß Hofmeisters Entdeckung einen entscheidenden Einfluß auf die Errichtung eines Stammbaumes, also das Entstehen eines natürlichen Systems der Pflanzen, hatte, wenn auch im ersten Überschwang die geradlinige Anordnung der Klassen derart, daß die Moose die unmittelbaren Vorgänger der Farne hätten sein müssen, auf einen Irrweg führte. Es ist eigentlich verwunderlich, daß weder Hofmeister selbst noch seinen Zeitgenossen die Frage nach den Ursachen für die Entstehung eines solchen eigentümlichen Generationswechsels im ganzen Pflanzenreich aufgetaucht ist. Das Phänomen erschien wohl so großartig und eindeutig, daß man gar nicht das Bedürfnis nach Zurückführung auf einfachere Vorgänge oder Gesetze verspürte, die damals wohl auch kaum zu finden gewesen wären.

Das Interesse am Generationswechsel, das vor allem durch die Verknüpfung desselben mit einem Kernphasenwechsel um die Jahrhundertwende wieder rege geworden war, konzentriert sich heute vornehmlich auf entwicklungsgeschichtliche und auf phylogenetische Fragestellungen. „Es sind alte Fragen von hohem Interesse, warum im Pflanzenreich viele Gruppen als Haplonten mit einfachem Genom begannen und im Laufe der phylogenetischen Entwicklung über Formen mit antithetischem Generationswechsel zu reinen Diplonten mit doppeltem Genom gelangten" (v. Wettstein 1943). Genau genommen handelt es sich um zwei wesentlich verschiedene Fragen, nämlich erstens darum, wie das Alternieren von einer haploiden mit einer diploiden Generation überhaupt im Lebensablauf einer Pflanze zustande gekommen ist, und zweitens darum, wie die diploide Phase, morphologisch gesehen der Sporophyt, im Laufe der Phylogenie die Überlegenheit gewinnen konnte, die wir bei den höheren Pflanzen finden? Eine sehr bestechende Hypothese, die lange Zeit das Feld beherrschte, wollte Antwort auf beide Fragen zugleich geben, indem sie den Generationswechsel mit dem Übergang der Pflanzen vom Wasser zum Landleben entstanden dachte und das weitere Hervortreten des Sporophyten mit seiner besseren Eignung für das Landleben erklärte, während der auf Gegenwart des Wassers zur Befruchtung angewiesene Gametophyt aus dem gleichen Grunde reduziert würde. Gewichtige Argumente sprechen gegen eine solche Auffassung. Generationswechsel in ausgeprägter Form findet sich auch bei den meisten submersen Algen. Die Entwickelung zum Überwiegen des Sporophyten tritt nicht nur bei den Landpflanzen, sondern ebenso deutlich auch bei Meeresalgen in Erscheinung; sie darf deshalb nicht der Selektion im Kampf um das Landleben zugeschrieben werden. Bei den Phaeophyceen z. B. führt eine ganz analoge Reihe der zunehmenden Sporophytenausbildung wie von den Moosen über die Farne zu den Phanerogamen von *Culleria* (und *Aglaozonia*) über *Dictyota* zu *Laminaria* und *Fucus* mit entsprechender Reduktion des Gametophyten, der bei den *Fucales* sogar noch weiter zurückgebildet ist als bei den Blütenpflanzen im allgemeinen. Im übrigen haben sich die Moose trotz des vorherrschenden Gametophyten auf dem Lande gehalten, und sie haben sogar ausgesprochene Trockenstandorte gemeistert. Die Reduktion des Gametophyten geht zudem gerade dort in auffälliger Weise weiter, wo die Umweltbedingungen seiner Entfaltung entgegenkämen, nämlich bei den Hydropteriden. Das zunehmende Hervortreten des Sporophyten mit der Ausbreitung der höheren Pflanzen auf dem Lande muß also als bloße Koinzidenz und darf nicht als ursächliche Verknüpfung aufgefaßt werden. Das schließt nicht aus, daß die diploide Phase die Grundlage zu größerer Differenzierung und dementsprechend zu reicherer Ausbildung von geeigneten Einrichtungen für das Landleben bietet.

Die moderne Genetik gibt Mittel an die Hand, sowohl die Entstehung des Generationswechsels selbst als auch das Überhandnehmen des diploiden Sporophyten besser zu verstehen. Die diploide Phase als eine neue Generation im Entwicklungsablauf einer Pflanze entsteht durch Aussetzen der Reduktionsteilung nach der Gametenverschmelzung und Auswachsen der Zygote zu einem eigenen Pflanzenkörper. Bei primitiven Pflanzen fand und findet die Reduktionsteilung als erster Schritt der Weiterentwicklung der Zygote statt, z. B. bei *Coloechaele* und bei haploiden Rhodophyceen (*Batrachospermum*). Die Mittel, die das Hinausschieben der Reduktionsteilung bewirken, könnten heute von der Entwicklungsphysiologie durch Einsatz von Wuchs- und Wirkstoffen vielleicht schon experimentell geklärt werden. Svedelius weist nun darauf hin, daß es nicht gleichgültig ist, wann und wo die Reduktionsteilung in die Entwicklung der Pflanze eingeschaltet wird, sondern daß die bestmögliche Entfaltung aller im Genbestand einer Pflanze gegebenen Möglichkeiten erst garantiert ist, wenn sehr zahlreiche Reduktionsteilungen am gleichen Individuum vor Ausschüttung der haploiden Sporen stattfinden, weil die Meiosis die Neukombination der Chromosomen der von den beiden Gameten eingebrachten Genome gestattet. Aus gleichen diploiden Kernen entstehen bei Reduktionsteilungen recht verschieden zusammengesetzte Chromosomenbestände der Tochterkerne, je nachdem wie rein zufällig die Chromosomen der beiden Sätze jeweils miteinander kombiniert werden. Je größer die Zahl der Chromosomen ist, um so größer muß die Zahl der Reduktionsteilungen sein, damit alle Kombinationsmöglichkeiten ganzer Chromosomen realisiert werden können, und noch größer muß die Anzahl von Teilungen sein, wenn man den Austausch von Genen durch Crossing-over in Betracht zieht. Der durch das Hinausschieben der Meiosis entstandene diploide Sporophyt sichert also der Pflanze neue Genzusammenstellungen und damit die Chancen für die Entstehung selektionswürdiger Merkmale und zwar in großer Zahl nach je einer einzigen Gametenverschmelzung.

Nach dieser Auffassung würde der Gametophyt, dessen Funktion ursprünglich in der Bildung vieler Fortpflanzungszellen besteht, die aber wegen seines haploiden Zustandes alle von gleicher genetischer

Beschaffenheit sein müssen, um so mehr überflüssig, je weiter der Sporophyt die Produktion verschiedenwertiger Fortpflanzungskörper ausbaut. Das Gametophytenstadium wird deshalb ähnlich wie überflüssige Organe rudimentär und schließlich ganz zurückgebildet. Sein völliger Ausfall, der bei den *Fucales* und bei den höchst entwickelten Phanerogamen (*Plumbaginella*) erreicht ist, bedeutet eine Vereinfachung des Lebensablaufes nicht nur unter Erhaltung, sondern sogar mit Steigerung der Möglichkeiten zur Neukombination von Erbanlagen. Diese Hypothese hat den Vorteil, daß sie eine plausible Erklärung der Entstehung und Weiterentwicklung des Generationswechsels unabhängig von äußeren Bedingungen bietet.

Anschließend an diese Überlegungen macht v. Wettstein (1943) darauf aufmerksam, daß der positive Selektionswert der Diplophase nur hervortritt, wenn die Befruchtungsmöglichkeiten herabgesetzt sind, weil sonst auch durch zahlreiche Gametenverschmelzungen und die entsprechend hohe Zahl von anschließenden Reduktionsteilungen eine ähnliche Umkombination des Genmaterials möglich ist wie bei zahlreichen Reduktionsteilungen auf einem einzigen Individuum. Wenn es nur darauf ankäme, müßten sich auch Haplonten zu höchster Differenzierung entfalten können, da bei vielen von ihnen keine Befruchtungsschwierigkeiten zu bemerken sind. In allen Entwicklungsreihen bringen aber die Diplonten die kompliziertesten Organe hervor, bei den Phaeophyceen haben die *Sargassum*-Arten der *Fucales* einen für Algen ungewöhnlich stark differenzierten Thallus, bei den Pilzen steht den haploiden Phycomyceten der aus Paarkernmycel aufgebaute, hochorganisierte Fruchtkörper der Holobasidiomyceten gegenüber, und zwischen Moosen und Phanerogamen besteht eine gleichgerichtete Differenz. Experimentell hervorgebrachte haploide Individuen von normalerweise diploiden Pflanzen beweisen jedoch, daß auch die haploide Zelle zur Erhaltung und Entfaltung höherer Organisation durchaus fähig ist. Wenn wir trotzdem in der Natur die kompliziertere Organbildung bei Diplonten treffen, so muß dafür noch ein anderer Faktor ausschlaggebend sein, der sich im Laufe der Phylogenie ausgewirkt hat.

An dieser Stelle hebt v. Wettstein nun hervor, daß fast alle wesentlichen Umbildungen zu fortschreitender Organdifferenzierung *polygen* bedingte Abänderungen sind, er denkt z. B. an die Stomataentwicklung, wir erinnern an die Ausbildung der Blüten bei entomophilen Pflanzen. Solche Merkmale machen zahlreiche Mutationsschritte bis zu ihrer zweckmäßigen Ausformung nötig. Erfahrungsgemäß haben aber die meisten Mutationen, auch wenn sie sich später als Teilstück einer polygen bedingten zweckmäßigen Organisation einfügen, für sich allein keinen oder sogar negativen Selektionswert. Wie kommen trotzdem solche Leistungen und Einrichtungen in steigendem Maße gerade im Sporophyten zustande? In der *Diplophase* sind mutierte Gene mit negativem Selektionswert vor der Ausmerze geschützt, sobald sie rezessiv auftreten, weil sie dann durch ihr dominantes Allel an der Manifestierung gehindert und damit vor der Vernichtung bewahrt werden. Ein Anreichern solcher rezessiver Gene, bis sie zu einer harmonischen Organisation zusammenspielen, ein „Rezessiven-Anstau", den nur eine diploide Phase erlaubt, erklärt nach v. Wettstein die Überlegenheit der Diplonten bei der Ausgestaltung komplizierter Organe.

Diese Vorstellung besagt direkt nichts über die ursprüngliche Entstehung der durch die Kernphase unterschiedenen Sporophytengeneration und läßt auch die mit zunehmender Differenzierung des Sporophyten gleichlaufende Reduktion des Gametophyten außer Betracht. Somit ergänzen die Hypothese von Svedelius und diese einander zu einer recht breit fundierten Anschauung.

In jüngster Zeit hat sich noch Gessner zur phylogenetischen Gametophytenreduktion geäußert. Er bringt die Verschiebung zugunsten der Diplophase allerdings wieder ursächlich mit der Eroberung des Landes durch die Pflanzen in Zusammenhang, was aus den oben angeführten Gründen nicht angängig ist. In Analogie zu der Überlegenheit Polyploider bei der Besiedlung extremer Standorte durch die Erhöhung der Anzahl gleicher Gene sieht er auch die diploide Form der haploiden wegen der quantitativen Vermehrung der Gene überlegen. Er vernachlässigt dabei allerdings die prinzipiell anderen Chancen, die ein Übergang vom haploiden zum diploiden gegenüber dem Fortschreiten vom diploiden zum polyploiden Zustand bietet. Er muß sich zudem in erster Linie auf monogen bedingte Merkmale stützen und stellt deshalb die Schwierigkeiten bei polygenen Einrichtungen nicht in Rechnung. Daß aber bei der Evolution nicht so sehr die quantitative Steigerung von Merkmalen, sondern die qualitativen Neuschöpfungen die entscheidenden Schritte markieren, dafür bilden die Gefäßkryptogamen ein sprechendes Beispiel, die durch die „Erfindung" des Lignins, worauf Gessner selbst hinweist, das Aufschießen der höheren Pflanzen auch im unmittelbaren Sinne des Wortes erst möglich machten. Daß die Verholzung ein Prozeß ist, der durch das harmonische Zusammenspiel mehrerer Gene beherrscht wird, dürfen wir als im höchsten Grade wahrscheinlich annehmen.

Hier soll ein kurzer Passus aus Hofmeisters „Vergleichenden Untersuchungen" zitiert werden, der zu der reicheren Differenzierung des Sporophyten, welche heute im Mittelpunkt der Diskussion über den Generationswechsel steht, Beziehung hat und der zeigt, wie umfassend Hofmeisters Beobachtungen auch in Dingen waren, die damals für ihn gar nicht von Bedeutung sein konnten. „Es ist ein beachtenswerter Umstand, daß bei der zweiten zur Sporenbildung bestimmten Generation der Moose wie der Farne in der Regel kompliziertere Verdickungen von Zellwänden (Zähne des Peristoms der Laubmoose, Kapselwand und Elateren der Lebermoose, Gefäße der Farrn) vorkommen, während in der ersten der Spore entsprossenen Generation deren nur selten und ausnahmsweise sich finden."

An anderer Stelle greift v. Wettstein (1942) die entwicklungsphysiologische Seite des Generationswechsels auf, indem er an der Tatsache ansetzt, daß gar keine feste Bindung zwischen Gestaltwechsel und Kernphasenwechsel besteht: bei konstantem Chromosomenbestand kann die Gestalt vom Gametophyten zum Sporophyten gewechselt werden, oder die Gametophytengestalt kann mit der diploiden und die Sporophytengestalt mit der haploiden Phase verbunden sein, wie die genauere Kenntnis gewisser Wildpflanzen und experimentell hervorgebrachte Varianten lehren. Die Gestaltung der Generationen ist also letzten Endes nicht unmittelbar genetisch bedingt, sondern sie ist ein Determinationsprozeß. Gametophyten- und Sporophytengestalt erscheinen genau so determinativ bedingt wie Sproß, Blatt und Blüte. Für den geregelten Ablauf dieser Determinationen sind gleichwohl bestimmte genotypische Elemente vorhanden, die dafür sorgen, daß z. B. bei den Blütenpflanzen die Weiterentwicklung der haploiden Eizelle erst nach der Befruchtung erfolgt. Hier ist eine direkte experimentelle Bearbeitung möglich, die wichtige Einblicke verspricht.

Zum Schluß seien noch einige kurze Angaben zu Hofmeisters Lebenslauf angefügt, der ebenso ungewöhnlich war wie seine Leistungen für die Botanik. Wilhelm Hofmeister wurde 1824 in Leipzig als Sohn eines Buchhändlers geboren und kam mit 15 Jahren in die Lehre, um später das väterliche Geschäft zu übernehmen. Sein Vater pflegte botanische und zoologische Liebhabereien. Von 1841 ab beschäftigte sich unser Hofmeister systematisch mit botanischen Untersuchungen, ohne jemals geregelten Unterricht in diesem Fache genossen zu haben. Nach einer ersten kürzeren Mitteilung im Jahre 1847 veröffentlichte er 1849 als Buch „Die Entstehung des Embryo der Phanerogamen", auf das ihm 1851 die Universität Rostock den Ehrendoktor verlieh. Im Jahre 1863 wurde er als Ordinarius nach Heidelberg berufen. Durch mißliche persönliche Verhältnisse bewogen, an denen er selbst sicher nicht schuld war, nahm er 1872 einen Ruf nach Tübingen als Nachfolger von Hugo v. Mohl an, wo er bis zu seinem Tode am 12. Januar 1877 wirkte. Tübingen ehrt ihn unter den nicht wenigen berühmten Botanikern, die hier lehrten und schafften, als den bedeutendsten, als „ein gottbegnadetes Genie, wie es in jeder Wissenschaft nur in langen Zwischenräumen auftritt".

Eingegangen am 23. März 1949.

Literatur.

Buder, J., Ber. dtsch. Bot. Ges. **34**, 559 (1916). — Geßner, F., Biol. Zentralbl. **67**, 213 (1948). — Goebel, K. v., Wilhelm Hofmeister, Arbeit und Leben eines Botanikers des 19. Jahrhunderts. Leipzig 1924. — Hofmeister, W., Vergleichende Untersuchungen der Keimung, Entfaltung und Fruchtbildung höherer Kryptogamen (Moose, Farrn, Equisetaceen, Rhizocarpeen und Lycopodiaceen) und der Samenbildung der Koniferen, Leipzig 1851. — Sachs, J., Geschichte der Botanik vom 16. Jahrhundert bis 1860, München 1875. — Svedelius, N., Ber. dtsch. Bot. Ges. **39**, 178, (1921); Bot. Gaz. **83**, 362 (1927). — Wettstein, F. v., Ber. dtsch. Bot. Ges. **60**, 394 (1942); Naturwiss. **31**, 574 (1943).

Die Lokalisation des Schalles im Raum.

Von Herbert Klensch.

Bei der Würdigung unseres akustischen Sinnes ist die Lokalisation der perzipierten Schallreize eines der fundamentalen Probleme. Wenn auch mit fortschreitender Differenziertheit die von den sogenannten höheren Sinnesorganen vermittelten Empfindungen immer mehr objektivierenden Charakter annehmen, so ändert das doch nichts an ihrer ursprünglichen Bedeutung, welche in der Warnung liegt, womöglich in einer Warnung noch vor dem Eintritt in die unmittelbare Gefahrenzone. Wo auf einen Warnreiz nur eine einzige Reaktionsmöglichkeit gegeben ist, wie etwa das Zuklappen von Muscheln auf Licht oder Berührungsreize, ist eine Lokalisation des Reizes noch nicht erforderlich; bei dem großen Repertoir der Höherbegabten an Reizbeantwortungen können für die Erhaltung des Lebens sinnvolle Reaktionen nur erwartet werden, wenn eine differenzierte Reizlokalisation besteht. Hier soll nun die Rede sein von der akustischen Lokalisation, welche auch durch die mancherorts recht intensiven Bemühungen, das „plastische Hören", die Stereophonie, für Film und andere akustische Wiedergabeverfahren durchführbar zu machen, Interesse verdient.

Zunächst ist nicht unwichtig, darauf hinzuweisen, daß bei der Vielzahl unserer Sinne eine rein akustische Lokalisation einer Schallquelle verhältnismäßig selten notwendig ist. Meist können wir uns durch Auge oder Tastsinn gleichzeitig oder sogar schon vor dem Auftreten einer Schallerscheinung über den möglichen Herkunftsort unterrichten. Kommt ein Bekannter auf der Straße auf uns zu und begrüßt uns, so sind keine Zweifel über den Ausgangspunkt der Stimme möglich. In anderen Fällen können wir aus der Erfahrung oder durch eine Überlegung auf die Lokalisation schließen: das Läuten des Telefons muß aus der Richtung kommen, wo wir den Apparat seit Jahren stehen wissen. Doch gibt es natürlich akustische Eindrücke, die uns neu sind, oder die uns zwar bekannt sind, jedoch in ungewohnter Umgebung und überraschend auftreten. Es kommt vor, daß wir unsere anderen Sinnesorgane zur Orientierung nicht mitbenutzen können, wie etwa im Finsteren. In diesem Fall sind wir auf das Gehör allein angewiesen, und die Erfahrung des einzelnen, ob wir uns zur eindeutigen Orientierung darauf verlassen können oder nicht, gehen etwas auseinander. Wieso dies aber der Fall ist, wird bei der Analyse der gegebenen und uns bekannten Möglichkeiten der akustischen Lokalisation verständlich. Nach unserer Erfahrung möchten wir die Möglichkeit der rein akustischen Lokalisation, wenigstens für schon bekannte Schallphänomene, bejahen.

Soll eine Schallquelle im Raum lokalisiert werden, so ist nach den Gesetzen der Stereometrie dazu zweierlei notwendig: 1. die Kenntnis der Entfernung der Schallquelle und 2. die Kenntnis der Schallrichtung vom Standpunkt des Beobachters aus.

Das Zustandekommen der Entfernungsempfindung schien zunächst unproblematisch: aus der Lautstärke müßten sich Rückschlüsse auf die Distanz der Schallquelle ziehen lassen. Doch trifft dies nur teilweise zu. Untersuchungen von Bekesy (1) haben gezeigt, daß weniger die Schallintensität als vielmehr die Schallqualität den Eindruck der Nähe oder Ferne vermittelt. Der prozentuale Anteil der einzelnen Teilfrequenzen eines Schalles an der Gesamtintensität des am Trommelfell wirksamen Schallfeldes ist verschieden je nach der Entfernung der Schallquelle vom Ohr. An das absolute Intensitätsniveau paßt sich das Ohr rasch an; geläufiger ist uns ein solches Verhalten beim Auge: es adaptiert sich an den absoluten Helligkeitsgrad und bringt nur Helligkeitsunterschiede im Gesichtsfeld zu Bewußtsein. (So bleibt z. B. eine Zeitung sowohl im Dämmerlicht als auch im Sonnenschein lesbar, obwohl das weiße Papier im Dämmerlicht um ein Vielfaches weniger strahlt als die „schwarzen" Buchstaben bei Sonnenlicht!)

Nähert sich uns eine Schallquelle, welche einen Schall unverändert abstrahlt, so nehmen die Bässe relativ stärker an Intensität zu als die Obertöne; der Schall wird prägnanter, erhält mehr Relief. Umgekehrt kann nur aus einer solchen Verschiebung des Schwerpunktes innerhalb des Frequenzspektrums eines Schalles auf Annäherung oder Entfernung der Schallquelle geschlossen werden. Falls die Schallquelle bekannt ist und falls sie in gewohnter Umgebung ertönt, kann schließlich aus dem Intensitätsverhältnis der einzelnen Teilfrequenzen auf die absolute Entfernung geschlossen werden. Von der Rich-

tigkeit dieser Theorie kann man sich mit Hilfe eines guten Radiogerätes überzeugen, welches neben der Lautstärkeregelung eine „Tonblende" besitzt, durch welche beliebig weite Bezirke der hohen Frequenzen unterdrückt werden können. Öffnet man die Tonblende (so daß der Ton „heller" wird, d. h. reicher an Oberschwingungen) und kompensiert den hierdurch eintretenden Intensitätszuwachs durch Verringern der Lautstärke, so hat man bei guten Geräten den Eindruck der Entfernung der Schallquelle, obwohl die Intensität im ganzen gleichgeblieben ist. Umgekehrt ist der Effekt der scheinbaren Annäherung zu erzielen. Auch beim Tonfilm wird durch entsprechende Überbetonung der tiefen Frequenzen trotz absolut großer Entfernung des Zuhörers vom Lautsprecher der Eindruck größter Nähe der sprechenden Person, eine gewisse Imtimität der Stimme erzeugt, wo es das Spiel erfordert. Die Erfahrung spielt natürlich hierbei eine große Rolle und die Genauigkeit der Entfernungsschätzung wird bei den einzelnen Individuen sehr schwanken. Außerdem hat, was schon angedeutet wurde, der Raum, in welchem gehört wird, einen bedeutenden Einfluß auf die Schallqualität. Großdimensionierte Räume haben deutliche Echowirkung, Verdoppelungen oder Vervielfachungen des Schalleindrucks durch Reflexionen mit erheblich verlängerten Wegstrecken des Schalles gegenüber der direkten geradlinigen. Bei geringeren Dimensionen spricht man nicht vom Echo, sondern von Nachhallerscheinungen, wie wir sie von Kirchen kennen und wie sie zur besseren Verständlichkeit in Theatern und Konzerträumen durch schallabsorbierende Wandverkleidungen vermieden werden. Bei noch kleineren Räumen mit kahlen, stark reflektierenden Wänden sprechen wir von einem „hohlen" Schall, einem Gewölbeton. Sind jedoch keinerlei reflektierende Flächen (außer dem Boden) vorhanden, so fallen diese sekundären Schallerscheinungen fort, der Schall hört sich „frei" an. In Radio-Studios sucht man diesen Zustand durch Wandverkleidung zu erreichen. Bis zu welch hohem Grad die Gewinnung einer „Umgebungsempfindung" aus der Schallqualität erlernt werden kann, darüber setzen uns Blinde gelegentlich in Erstaunen, welche aus dem Klang ihres Trittes und des aufstoßenden Stockes die Annäherung an einen Baum oder ein anderes Hindernis heraushören können. Eine richtige Entfernungsschätzung andererseits ist nur bei gleichzeitiger Berücksichtigung des Hörraumes möglich. So wird durch lange Korridore z. B. größere Nähe vorgetäuscht, da der röhrenförmige Schallweg wie ein großes Sprachrohr sämtliche Frequenzanteile gleichmäßig dem Ohr zuleitet.

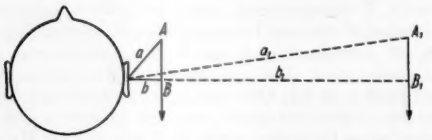


Fig. 1. Bei Bewegung der Schallquelle von A nach B (kleine absolute Entfernung vom Ohr) verkürzt sich die Distanz erheblich (b a), bei Bewegung von A_1 nach B_1 (große absolute Entfernung) jedoch nur geringfügig (a_1 b_1).

Während diese Art der Entfernungsschätzung aus der Schallqualität wohl in erster Linie und bei ruhenden Objekten in Frage kommt, scheint mir eine andere Möglichkeit der Distanzempfindung für verhältnismäßig nahegelegene Schallquellen in einem etwas komplexeren Vorgang gegeben zu sein. Wird nämlich eine Schallquelle an einem Ohr in bestimmter Geschwindigkeit eine bestimmte Strecke weit vorbeibewegt oder bewegt sich das Ohr umgekehrt an einer Schallquelle vorbei, so ist diese Bewegung bei geringer Distanz vom Ohr mit einer erheblichen Annäherung und Wieder-Entfernung vom Ohr verbunden, wie die Fig. 1 zeigt. Bei größerer Distanz und gleicher (relativer) Bewegung der Schallquelle (SQ) ist diese Annäherung und Entfernung jedoch minimal.

Wird die SQ vor oder hinter dem Kopf vorbeigeführt oder wird der Kopf vor oder hinter einer SQ seitlich vorbeigeführt, so ist bei kurzer Distanz die Empfindung der Richtungsänderung stärker als bei größerer Distanz, eine streckengleiche Bewegung der SQ vorausgesetzt. Der Vorgang wird durch Fig. 2 veranschaulicht.

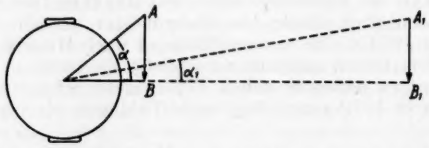


Fig. 2. Durch Bewegung der Schallquelle von A nach B (Kleine Distanz) ändert sich die Schallrichtung um den großen Winkel α, bei Bewegung der Schallquelle von A_1 nach B_1 (große Distanz) nur um den kleinen Winkel α_1.

Es ist nicht unwahrscheinlich, daß für kleinere Distanzen von der Möglichkeit der geschilderten monotischen und binotischen Entfernungsschätzung Gebrauch gemacht wird; wir werden sehen, daß auch für die Richtungslokalisation Kombinationen von Sinnesempfindungen (des Ohres und des Vestibularorgans) eine Rolle spielen.

Die andere Komponente der Schall-Lokalisation ist die Schall-Richtungsbestimmung. Wir vereinfachen die Verhältnisse, wenn wir zunächst nur das Zustandekommen der Richtungsempfindung in der Horizontalebene untersuchen und die vertikale Dimension noch außer Betracht lassen. Die meisten der uns angehenden Hördinge liegen in der Horizontalebene, sie liegen vorn oder hinten, in der Mittellinie oder rechts oder links seitlich.

Grundsätzlich gibt es für die Richtungsempfindung zwei Verfahren, ein monotisches und ein binotisches.

Das monotische Richtungshören beruht auf der Trichterwirkung des äußeren Ohres und des äußeren Gehörganges. Nur bei genauer „Einstellung" des Ohres auf die Schallquelle wird das gesamte Frequenzspektrum des Schalles optimal perzipiert. Jedes Außenohr stellt einen in einem Winkel von etwa 30 Grad nach seitlich vorn gerichteten Trichter dar, der die hohen und höchsten hörbaren Frequenzen (5000—15 000 Hz) dem Trommelfell nur dann zuleitet, wenn sich die Schallquelle in einem schmalen Sektor bzw. spitzkegelförmigen Raum um die verlängerte Trichterachse befindet, also ebenfalls in einem Winkel von 30 Grad vorn seitlich (Fig. 3). Aus dem hohen Frequenzbereich einer Schallquelle ist demnach um so weniger zu hören, je stärker das Ohr aus der Schallrichtung abgedreht ist. Die Fig. 4

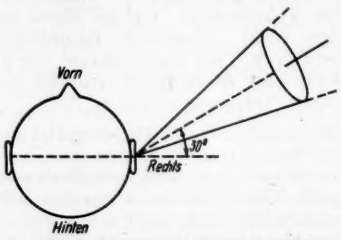


Fig. 3. Der schmale spitzkegelförmige Raum, in welchem allein Hörfähigkeit für Frequenzen über 5000 Hz besteht.

veranschaulicht diese Abhängigkeit des Frequenzbereiches von dem Sektorenwinkel.

Frequenzen unter 250 Hz können von allen Seiten gleich gut gehört werden; die Wellenlänge des Schalles ist in diesem Falle groß gegenüber den Dimensionen des Schädels. Ist die Wellenlänge klein, die Frequenz also hoch (etwa von 5000 Hz ab), so be-

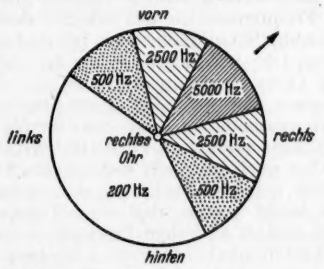


Fig. 4. Die „Richtwirkung" des rechten Ohres, bezogen auf die Horizontalebene. Vergrößerung des Hörsektors mit abnehmender Frequenz. (Aus Pflügers Archiv f. d. ges. Physiologie, Bd. 250, S. 492 (1948).

findet sich ein abgewendetes Ohr im „Schallschatten" des Schädels.

Von der Tatsache der nur gradlinigen Fortpflanzung hochfrequenter Schallwellen kann man sich leicht überzeugen, wenn man ein Ohr auf einen „hell" eingestellten Lautsprecher richtet und plötzlich einen kleinen Karton zwischen Lautsprecher und Ohr hält: Die oft unangenehm empfundenen Zischlaute und Kratzgeräusche verschwinden, das Ohr befindet sich im Schallschatten des Kartons. Auf die Intensität der Mittel- und tiefen Frequenzen war der Vorgang ohne jeden merklichen Einfluß. So kann man durch Davorstellen eines einfachen Kartons vor den Lautsprecher störend empfundene hohe Frequenzen beseitigen, wo es auf andere Weise nicht möglich ist.

Zur Ermittlung der genauen Schallrichtung ist bei dieser monotischen Methode eine horizontale Kopf- bzw. Körperdrehung erforderlich, bis die optimale Stellung für ein Ohr empirisch ermittelt ist. Im ungünstigsten Fall ist bei dieser Methode des akustischen „Anpeilens" einer Schallquelle beim ausschließlich mit einem Ohr Hörenden eine Drehung um 360 Grad, bei dem wahlweise mit dem einen oder anderen Ohr Anpeilenden immerhin um 240 Grad erforderlich, was das Verfahren etwas umständlich erscheinen läßt. Indes kommt diese Art des Richtungshörens nur für den einohrig Hörenden, also bei künstlichem Verschluß oder krankhaftem Totalausfall eines Ohres und erhaltener Hörfähigkeit des anderen Ohres in Betracht. Voraussetzung ist natürlich, daß das übriggebliebene Ohr ausreichende Hörfähigkeit gerade für die höchsten Frequenzen besitzt, was in höherem Alter bekanntlich nicht mehr der Fall zu sein braucht, und daß die Schallquelle überhaupt hohe Frequenzen ausstrahlt. Ein reiner Stimmgabelton niedriger Frequenz ist deshalb auf diese Weise monotisch auch nicht zu lokalisieren.

Die zweite, offenbar wichtigere Art des Richtungshörens beruht auf einem Binauraleffekt, und zwar nach der heute wohl allgemein anerkannten Zeitdifferenztheorie von v. Hornbostel und Wertheimer darauf, daß die zeitliche Differenz, mit der ein Schall bei seitlich vorn stehender Schallquelle das zugewendete Ohr früher erreicht als das abgewendete, in einen Richtungseindruck umgedeutet wird. Die Richtung wird um so seitlicher angegeben, je größer die Zeitdifferenz ist; der Eindruck extremer Seitlichkeit entsteht, wenn sich die Schallquelle genau seitlich befindet, wenn die Laufstreckendifferenz des Schalles zum rechten und linken Ohr gerade 21 cm, den akustisch wirksamen Ohrenabstand, beträgt. Diese Streckendifferenz entspricht einer zeitlichen Differenz von 63×10^{-5} Sekunden. Die geringste eben verwertbare Zeitdifferenz beträgt 3×10^{-5} Sekunden, was einer wahrnehmbaren Schallrichtungsänderung von 3 Winkelgraden entspricht. Diese Zeit von 1/30 Millisekunden ist so kurz (die Anstiegszeit eines Nervenaktionsstromes bei schnellen Nerven beträgt höchstens 1/10 Millisekunden, die Chronaxie zwischen 0,1 und 0,3 Millisekunden!), daß gelegentlich aufkommende Zweifel an dem Zeitdifferenzprinzip immerhin verständlich sind. Andererseits hat die Theorie jeder Nachuntersuchung bisher standhalten können.

Die Frage, wie aus der zeitlichen Verschiebung der Schallankunft im rechten und linken Ohr einerseits eine qualitative Unterscheidung „rechts" oder „links", andererseits aber für jede Alternative auch noch eine quantitative Abstufung (Winkelgrad nach rechts bzw. links) ermöglicht wird, läßt sich nach der Vorstellung Ebbeckes in Kürze wie folgt darlegen:

Ebenso wie mit einem unvermuteten Berührungs- oder pathischen Reiz im Bereich einer Körperseite außer einer entsprechenden Bewegungs- und Gefäßreaktion fast stets auf offenbar ebenfalls anatomisch praeformiertem Reflexweg eine Kopfwendung nach der gereizten Seite hin erfolgt, welche die Reizstelle und -ursache sozusagen vor die Augen bringt, ebenso wie ein seitlicher Lichtreiz eine Kopfwendung verursacht, so geschieht es durch einen Schallreiz, wobei die zeitliche Priorität, mit welcher das eine oder andere Ohr in Erregung versetzt wird, für die Drehrichtung des Kopfes ausschlaggebend wird. Ein Schall wird dann als von rechts kommend empfunden, wenn eine Rechtsdrehung des Kopfes erfolgt ist. Nicht „wir" haben den Kopf nach der Schallquelle gewendet; „es" hat ihn für uns gedreht ohne jedes Zutun. Die subjektive Seite des Vorganges, die entstehende Begleitempfindung „rechts", ist eine zusätzliche Leistung des Großhirnes beim Höherdifferenzierten, die zwar nicht unbedingt notwendig für die elementaren Reaktionen auf den akustischen Reiz (Flucht, Angriff usw.) ist, aber desto wichtiger für jene höhere Art der Reaktion, welche sich nicht mit der Anpassung an veränderte Umweltbedingungen begnügt, sondern versucht, umgekehrt die Umwelt sich selbst anzupassen.

Ob das zur Orientierung des Individuums vorgesehene Reflexmuster, welches in unserem Fall also zu einer Kopfdrehung führt, nun wirklich bis zur letzten motorischen Konsequenz abläuft oder, weil der Reiz vielleicht erwartet war, zentral gehemmt in der Andeutung steckenblieb, ist übrigens für das Zustandekommen der Begleitempfindung rechts oder links gleichgültig. Das früher gereizte Ohr ist also für die Rechts- oder Linksempfindung verantwortlich. Je kleiner jedoch die Zeitdifferenz ist, mit welcher der Schall das andere Ohr trifft, desto früher wird das eben induzierte Reflexmuster wieder abgefangen, so daß auf diese Weise sowohl eine Abstufung der Drehbewegung des Kopfes als auch der Empfindungsstärke erreicht wird. Liegt die Schallquelle in der Mittellinie, d. h. ist die Zeitdifferenz = 0, so erfolgt ein Wettstreit und Ausgleich der Drehimpulse nach rechts und links, mechanisch kein sichtbarer Effekt und subjektiv der „Mitteneindruck".

Bei der Beschäftigung mit dem Zeitdifferenzprinzip fällt jedoch ein kleiner Schönheitsfehler auf: Bisher war stets davon die Rede, daß eine Zeitdifferenz in einen Richtungswinkel umgedeutet wurde. Nun ist die Zeitdifferenz aber die gleiche, ob wir eine Schall-

quelle etwa in einem Winkel von 45 Grad rechts seitlich vorn oder rechts seitlich hinten annehmen; wenn wir aber den 3-dimensionalen Raum berücksichtigen, kann die Schallquelle bei gleicher Zeitdifferenz auch seitlich rechts oben oder unten gelegen sein, oder auf irgendeiner der unendlich vielen Zwischenrichtungen, wenn nur der Winkel zur Ohrenachse (rechtes Ohr — linkes Ohr) 45 Grad bleibt. Das bedeutet aber, daß das Zeitdifferenzprinzip (wie übrigens auch jedes andere Binauralprinzip!) eine eindeutige Richtungsempfindung überhaupt nicht vermitteln kann, solange nicht auf irgendeine Weise vorn und hinten, oben und unten zunächst einmal eindeutig unterschieden werden können.

Die Vorn-Hinten-Unterscheidung, von welcher hier zunächst als der wichtigeren von beiden die Rede sein soll, ist nun in vielen Fällen durch Vermittlung anderer Sinnesorgane, meist der Augen, oft auch durch die Erinnerung oder eine Überlegung gegeben, so daß eine einwandfreie Richtungsempfindung zustande kommen kann. So erklärt sich sicher, daß sich in viele Lehrbücher die Angabe einschleichen konnte, daß durch das Zeitdifferenzprinzip eine Richtungswahrnehmung zustande käme, obwohl schon v. Hornbostel auf die Tatsache der Vieldeutigkeit hingewiesen hatte. Auch die Angaben, daß bei den bekannten Hörschlauchversuchen (Beklopfen eines mit beiden Ohren verbundenen Gummischlauches) Richtungseindrücke entstünden, sind nur so zu verstehen. Die Versuchsperson gibt zwar meist einen der jeweiligen Zeitdifferenz entsprechenden Richtungswinkel nach vorn an, sie könnte ihn aber genau so gut nach hinten angeben; daß sie ihn nach vorn angibt, hängt mit bewußten oder unbewußten Suggestionen zusammen, oder weil vorn entsprechend der Orientierung der Augen überhaupt bevorzugt wird. Die VP ist im Urteil von vornherein befangen und durch die Versuchsbedingungen beeinflußt; denn die Empfindung, welche allein durch den Binauraleffekt zustande kommen kann, also gerade bei solchen Hörschlauchversuchen, kann man nur als „Seitlichkeits"-Eindruck bezeichnen. Eine Richtungsempfindung wird daraus erst, wenn eine objektiv fundierte Vorn-Hinten-Unterscheidung hinzutritt oder doch wenigstens aus dem Gedächtnis, durch Überlegung, Analogie oder der Wahrscheinlichkeit nach (und dann mit der Möglichkeit des Irrtums belastet) unterschoben wird. Auch hier zeigt sich, daß objektive Registrierung nicht zu den Aufgaben unserer Sinnesorgane gehört. Besteht die Auswahl zwischen einem zwar objektiv falschen, aber irgendwie greifbaren und einem objektiv richtigen, aber irrealen Eindruck, so wird immer der greifbare, aber vielleicht falsche Eindruck die Oberhand gewinnen, auch wenn sich das Individuum in seinem Drange nach Objektivierung noch so sehr dagegen wehrt. Die Fig. 5 wird als Würfel gesehen; das ist falsch, weil ein Würfel 3-dimensional ist und die Zeichnung sicher 2-dimensional. Aber selbst wenn wir uns große Mühe geben zu sehen, was die Zeichnung wirklich darstellt, nämlich ein Quadrat mit 2 angesetzten Rauten, wird uns das kaum gelingen.

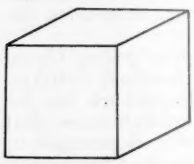


Fig. 5. Die Figur wird „fälschlich" als Würfel gesehen; tatsächlich stellt sie ein Quadrat mit zwei angesetzten Rauten dar.

Nun gibt es aber zweifellos genug Fälle, wo wir auf eine rein akustische Lokalisation angewiesen sind und uns auch nicht auf andere Indizien verlassen können, und wo trotzdem die Schallquelle richtig lokalisiert wird. Also muß es eine eindeutige Richtungslokalisation auf akustischer Grundlage geben, d. h. also eine Vorn-Hinten-Unterscheidungsmöglichkeit. An Hypothesen, welche den Modus der Vorn-Hinten-Unterscheidung klären sollten, hat es nicht gefehlt. Nur eine davon hat sich bis jetzt halten können; diese (2) schreibt der Richtwirkung der Ohrmuscheln diese Funktion zu. Wir sagten bereits, daß die Ohrmuscheln nach vorn geöffnete Trichter sind, welche die hohen Frequenzanteile des Schalles dem Ohr zuleiten, wenn die Schallquelle vorn ist, und sie wie ein Schirm vom Ohr fernhalten, wenn die Schallquelle hinten ist. Diese Erklärung hat viel für sich; doch setzt sie voraus, daß die Schallquelle überhaupt hohe Frequenzen aussendet und daß das Ohr für sie empfindlich ist. Eine eindeutige Vorn-Hinten-Unterscheidung ist aber auch möglich, wenn beide Voraussetzungen nicht gegeben sind! Auf der anderen Seite kann man leicht zeigen, daß auch Geräusche mit reichlichem Gehalt an hohen Frequenzen nicht nach vorn oder hinten lokalisiert werden können, wenn die Voraussetzungen, auf welche es offenbar tatsächlich ankommt, nicht erfüllt sind. Durch Untersuchungen, bei welchen durch Hörschläuche mit Trichtern die Ohren sozusagen „mobilisiert" und Bewegungen der Ohren und des Kopfes getrennt voneinander ermöglicht wurden, konnte ich nämlich zeigen (3), daß eine einwandfreie Vorn-Hinten-Lokalisation, und damit eine Richtungslokalisation, nur erfolgen kann, wenn gleichzeitig mit dem Auftreffen des Schalles eine horizontale Kopfdrehung erfolgt, gleichgültig nach welcher Seite. Hierbei nähert sich die Schallquelle dem einen Ohr und entfernt sich vom andern, so daß mit der Kopfdrehung eine Änderung der Seitlichkeitsempfindung eintritt, welche verschieden ist, je nachdem sich die Schallquelle vorn oder hinten befindet. Wir haben gelernt, daß eine SQ immer dann vorn ist, wenn sich etwa bei Rechtsdrehung des Kopfes der Schalleindruck nach links verschiebt (da sich in diesem Fall das linke Ohr der Schallquelle nähert), und daß eine SQ immmer hinten sein muß, wenn bei Rechtsdrehen des Kopfes der Schalleindruck nach rechts wandert. Danach beruht die Vorn-Hinten-Empfindung auf der zentralen gemeinsamen Berücksichtigung der Kopfdrehrichtung (perzipiert durch die horizontalen Bogengänge!) und der damit zwangsläufig verbundenen Änderung der Seitlichkeitsempfindung nach dem Zeitdifferenzprinzip. Mit erfolgter Vorn-Hinten-Lokalisation ist jetzt aber auch gleichzeitig die Möglichkeit gegeben worden, den nach dem Zeitdifferenzprinzip auftretenden „Seitlichkeitseindruck" in einen wirklichen Richtungseindruck umzudeuten. Die leicht anzustellenden Versuche sind so überzeugend, daß man nach ihrer Kenntnis den Ohrmuscheln, wenn überhaupt, nur einen bescheidenen Teil an der Vorn-Hinten-Unterscheidung einräumen wird. Zur Lokalisation reichen die einmaligen reflektorischen Kopfdrehungen völlig aus, welche auf einen unerwarteteten Schallreiz erfolgen; der Einwand, daß bei unserem Verfahren nur mit Kopfschütteln eine SQ lokalisiert werden könne, wird also hinfällig! Die Tatsache, daß es gleichgültig ist, ob eine Kopf- oder eine Körperdrehung (bei im Hals fixiertem Kopf) erfolgt, beweist, daß es die horizontalen Bogengänge sind, welche uns für den beschriebenen Effekt den Drehungssinn vermitteln; es wird außerdem evident, daß die Beziehungen zwischen Gehörorgan und Bogengangsapparat nicht nur räumlich-anatomischer Natur sind.

Verblüffend sind die Versuche, welche sozusagen die Gegenprobe zu dem hier vorgetragenen Prinzip der Lokalisation darstellen: Verbindet man einer VP die Augen und läßt sie bei streng stillgehaltenem Kopf und Körper den Versuch machen, ein Geräusch,

welches abwechselnd vor und hinter ihrem Kopf erzeugt wird, richtig zu lokalisieren, so ist gewöhnlich die VP selbst am meisten überrascht über ihre Fehlurteile. Nach längerem Üben gelingt es manchmal, Geräusche mit hohen Frequenzen richtig zu lokalisieren, nie aber reine Stimmgabeltöne niedriger Frequenz. In diesem Fall der hohen Frequenzen ist eine richtige Lokalisation also wohl auf die Ohrmuschelwirkung zurückzuführen.

Glauben wir so, den Vorgang der Richtungslokalisation in der Horizontalebene jetzt befriedigend erklären zu können, so steht nur noch ein Wort über die Oben-Unten-Unterscheidung aus. Sie tritt an Bedeutung hinter der Lokalisation in der Horizontalebene zurück; da man jedoch im täglichen Leben ganz gut die Herkunft eines Schalles von oben oder unten angeben kann, ja sogar den Höhen- bzw. Tiefenwinkel eines Schalles zur Horizontalebene, muß also auch irgendein Modus der vertikalen Lokalisation bestehen.

Ein interessanter Versuch, die Höhenwinkelempfindung des Schalles zu erklären, stammt von Wallach (4). Auch er setzt eine mit der Schalleinwirkung synchrone Kopfdrehung um die Vertikalachse voraus; während nun bei einer Kopfdrehung um einen bestimmten Winkel die Schallrichtungsänderung maximal ist, falls die Schallquelle sich in der Horizontalebene befindet, ist diese Richtungsänderung = 0, wenn sich die SQ in der Vertikalachse über uns befindet; in diesem Fall bleibt der Mitteneindruck bestehen. Je nach dem Höhenwinkel, in welchem die Schallquelle steht, weist die relative Schallrichtungsänderung bei einer Kopfdrehung nun einen Zwischenwert auf, aus dem dann also auf den Höhenwinkel geschlossen werden kann. Doch muß man auch zu dieser eleganten Erklärung sagen, daß sie wieder das Odium der Doppeldeutigkeit aufweist; denn der entstandene „Winkeleindruck" kann ebensogut auf einen Winkel, welcher von der Horizontalebene nach aufwärts gerichtet ist, wie auf einen abwärtsgerichteten bezogen werden. Es muß also auch hier ein Lokalzeichen, diesmal für oben und unten hinzutreten, wenn die Lokalisation eindeutig sein soll. Auch hier werden in der Regel andere Sinnesorgane, die Überlegung oder Erfahrung zu Hilfe kommen. Das Geräusch eines Flugzeugs kommt zweifellos von oben, das Rollen von Fässern gewöhnlich von unten. Wo aber alle diese Anzeichen fehlen, wenn wir etwa in einer neu bezogenen Wohnung die uns unbekannten Stimmen aus der Wohnung unter oder über uns lokalisieren wollen, sind wir wieder auf das Ohr allein angewiesen und, wenn wir es richtig anstellen, auch jetzt durchaus in der Lage, die SQ zu ermitteln. In Analogie zu der Vorn-Hinten-Unterscheidung könnte man annehmen, daß die Oben-Unten-Lokalisation durch seitliches Rechts- oder Linksneigen des Kopfes, also unter Vermittlung der frontalen senkrechten Bogengänge, zustande käme. Doch zeigten unsere Versuche (5), daß diese Möglichkeit nicht besteht und daß wir auch hier auf die viel geübteren horizontalen Bogengänge zurückgreifen müssen. Dazu ist bloß notwendig, daß wir unser oben beschriebenes Verfahren der Vorn-Hinten-Unterscheidung auf die Vertikale anwenden, indem wir den Kopf in der Wirbelsäule nach vorn oder hinten überneigen und dann eine solche Drehung um die Wirbelsäulenachse ausführen, so daß sich hierdurch ein Ohr der Zimmerdecke, das andere dem Fußboden nähert. Relativ zum Kopf betrachtet, wird dann oben und unten zu vorn und hinten; die Abwinkelung in der Wirbelsäule und die anormale Kopflage wird bei der „Rechnung" berücksichtigt und der auch hierbei prompt entstehende Eindruck in „Oben" oder „Unten" umgedeutet. Meist wird auch diese recht kompliziert anmutende Bewegung spontan ausgeführt; wir kennen die Kopfbewegungen, die ein Bekannter macht, wenn er überraschend aus dem Fenster eines hohen Hauses angerufen wird, wo er uns nicht vermutet. Suchend führt er alle möglichen Rotationen in den Kopfgelenken aus, bis er die SQ akustisch, meist allerdings optisch, ermittelt hat.

In den meisten Fällen des täglichen Lebens allerdings werden wir, wie gesagt, nicht auf die akustische bzw. akustisch-vestibulare Lokalisation des Schalles angewiesen sein. Der Möglichkeiten, uns auch auf andere Weise über den Herkunftsort einer Schallerscheinung ins Bild zu setzen, gibt es viele, und wir dürfen sicher sein, daß die Natur jedes Hilfsmittel auszunutzen lehrt, das nur in irgendeiner Weise der so wichtigen Orientierung im Raum dienen kann.

Eingegangen am 31. Januar 1949.

Literatur.

(1) Bekesy, v., zit. Rein, Einführung in die Physiologie des Menschen, 8. Aufl., S. 494 (1947). — (2) Hornbostel, v., Handbuch der normalen und pathologischen Physiologie, **XI**, 605 (1926). — (3) Klensch, Pflügers Archiv der ges. Physiologie, **250**, 492 (1948). — (4) Wallach, J. of exper. Psychol. **27**, 339 (1940). — (5) Klensch, Pflügers Archiv, Beitrag zur Frage der Lokalisation des Schalles im Raum, II. Mitteilung, z. Z. im Druck.

Berichte.

Zusammenhänge in der Chemie schwefelhaltiger Naturstoffe.

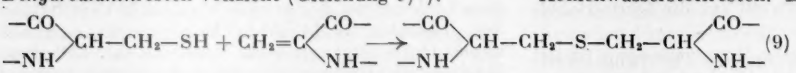
Von Prof. Dr. Alfons Schöberl, Würzburg.

(Fortsetzung und Schluß.)

Der Substanztyp des Thioäthers, den wir in der Natur z. B. im Methionin (III) vor uns haben, wurde vor wenigen Jahren in einem neuen interessanten Vertreter, dem Lanthionin (VI), aufgefunden. Lanthionin wurde bisher allerdings nicht als Primärprodukt in Naturstoffen angetroffen. Sein Vorkommen steht vielmehr in ursächlichem Zusammenhang mit Umwandlungen an den labilen Cystindisulfidbindungen in Eiweißstoffen, die auch anläßlich der ersten Isolierung des Thioäthers aus sodabehandelter Wolle durch Horn, Jones und Ringel[43]) klar zum Ausdruck kamen. Die Möglichkeit einer solchen Stabilisierung der Disulfidbindungen war schon früher von anderen Arbeitskreisen diskutiert worden, so daß das Problem der präparativen Entscheidung der Frage vordringlich geworden war[44]). Bei der Behandlung von Keratinen, Laktalbumin (Horn, Jones und Ringel, l. c.) und Insulin[45]) mit Sodalösung, Natronlauge[46]), Natriumsulfidlösungen oder Ammoniak[47]) wird das in die Peptidketten eingebaute Cystin teilweise in Lanthionin umgewandelt, d. h. es wird ein Schwefelatom aus den Disulfidgruppen herausgebrochen. Für die Trennung der beiden in den Löslichkeitseigenschaften sehr ähnlichen Aminosäuren, erwies sich die oben erläuterte Kaliumcyanideinwirkung, der nur Disulfidgruppen zugänglich sind, als sehr nützlich (A. Schöberl l. c.)

Die Lanthioninbildung in Eiweißstoffen warf eine Reihe von bemerkenswerten Fragen auf, die heute noch mitten in der Diskussion stehen. Zunächst

handelt es sich um den Chemismus der Umwandlungen der Disulfidbindungen. Unsere Modellversuche über das Verhalten labiler Cystinderivate und von cystinhaltigen Proteinen sprechen dafür, daß sich die Lanthioninbildung durch Anlagerung von primär entstehenden *Cystein*resten an die Kohlenstoffdoppelbindung von sekundär, etwa aus Serinresten gebildeten *Dehydroalanin*resten vollzieht (Gleichung 9)[48]):



(9)

Der primären hydrolytischen Sprengung der Disulfidbindungen schließen sich nach dieser Auffassung Sekundärreaktionen an den reaktionsfähigen primären Spaltprodukten an, wobei die Ausbildung des ungesättigten *α-Aminoacrylsäure*systems wohl verschiedene Ursachen haben kann. Auch hier ergeben sich noch neue, experimentelle Aspekte.

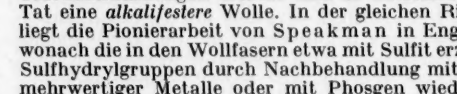
Die Lanthioninbildung hat eine Schwefelabspaltung aus Naturstoffen zur direkten Voraussetzung. Während die Schwefelwasserstoffabspaltung aus Proteinen durch Alkali eine altbekannte Erscheinung ist, hat sich neuerdings dabei auch die Bildung von *elementarem Schwefel* mit wohl ziemlicher Sicherheit experimentell nachweisen lassen. Dieser elementare Schwefel kann den Abbauprodukten mit Schwefelkohlenstoff entzogen und durch Reduktion mit konzentrierter Jodwasserstoffsäure quantitativ bestimmt werden. Mit etwa doppelt normaler Natronlauge läßt sich in Haaren rund die Hälfte des Cystinschwefels in elementaren Schwefel überführen[49]). Damit werden die Proteine in ihrem Verhalten gegenüber Alkalien cyclischen Cystinderivaten, wie Cystinhydantoin oder Dialanylcystin-dianhydrid und SS-Glutathion angeglichen, bei denen ebenfalls elementarer Schwefel beobachtet wurde[50]).

Die Höhe der Lanthioninausbeute aus Eiweißstoffen hängt von den Reaktionsbedingungen ab. Bisher hat sich zur Klärung dieser Frage die Bildung des Thioäthers aus niedermolekularen Cystinderivaten, etwa Peptiden (Glutathion) oder gar aus Cystin selbst noch nicht verwirklichen lassen[51]). Nach Lindley und Phillips[52]) wird bei der Behandlung von Wollfasern bei p_H 8 in 4 Stunden, bei p_H 9 in 2 Stunden und bei p_H 10 in 30 Minuten das Maximum der Lanthioninausbeute erreicht. In diesen Versuchen waren dann rund 25% des ursprünglich vorhandenen Wolleschwefels im Lanthionin festgelegt. Englische Arbeitskreise vertreten die auch in diesem Zusammenhang bemerkenswerte These, daß z. B. gegenüber Sulfit oder Alkali nicht alle Cystindisulfidbindungen in der Wolle in der gleichen Weise reagieren[53]).

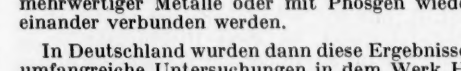
Bei der Schafwolle steht die Lanthioninbildung im Baumaterial der Faser noch im Zusammenhang mit dem für die Textilindustrie wichtigen Problem der Veredlung und damit Gebrauchswertsteigerung des wichtigen Rohstoffes. Denn das Studium der Reaktionsfähigkeit der Disulfidbrücken in den Peptidketten der Wollkeratine, das man zu Unrecht als einseitig bezeichnet hat[54]), führte in den letzten Jahren zu dem wohl technisch bedeutungsvollsten Fortschritt der letzten Zeit in bezug auf die Verbesserung gewisser nachteiliger Eigenschaften der Wollfaser, die dieser wegen ihres besonderen Proteincharakters anhaften. Die Lanthioninbildung der Wolle ersetzt die besonders alkalilabilen Disulfidbrücken des Cystins durch die wesentlich stabileren Thioätherbindungen. Dies wirkt sich unter anderem in einer Erhöhung der Widerstandsfähigkeit der Fasern gegenüber alkalischen Lösungen aus, woraus die praktische Bedeutung einer solchen Umwandlung erhellt. Nun kommt naturgemäß die durch Alkalien erzwungene Lanthioninbildung für eine Verbesserung der Fasereigenschaften nicht in Frage, da im allgemeinen der dazu nötige Eingriff in das Fasergefüge viel zu energisch ist. Aber man kennt andere Methoden des Ersatzes der Disulfid- durch Thioätherbindungen.

In grundlegenden Untersuchungen haben M. Harris und Mitarbeiter in Amerika die Wolle ohne Zerstörung der Faserstruktur unter bestimmten Bedingungen mit Thioglykolsäure reduziert und aus den Disulfid- Thiolkeratine gemacht[55]).

Dann setzten sie die erzeugten SH-Gruppen z. B. mit Dihalogenalkylen mit reaktionsfähigen Halogenatomen um und verknüpften auf diese Weise die Schwefelatome wieder miteinander durch Einbau von Kohlenwasserstoffresten. Das Prinzip des wichtigen Prozesses, der hier nur eben angedeutet wird, kann mit 1,2-Dibromäthan als Beispiel durch folgende Gleichungen (10, 11) dargestellt werden:



(10)



(11)

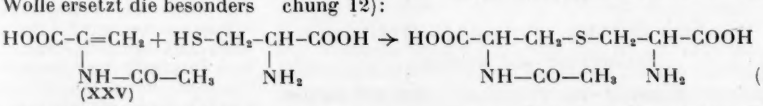
*) Pr.=Proteingerüst der Wollekeratine.

Damit waren die Disulfidgruppen durch die stabileren Thioätherbindungen ersetzt und es entstand in der Tat eine *alkalifestere* Wolle. In der gleichen Richtung liegt die Pionierarbeit von Speakman in England[56]), wonach die in den Wollfasern etwa mit Sulfit erzeugten Sulfhydrylgruppen durch Nachbehandlung mit Salzen mehrwertiger Metalle oder mit Phosgen wieder miteinander verbunden werden.

In Deutschland wurden dann diese Ergebnisse durch umfangreiche Untersuchungen in dem Werk Hoechst der früheren I. G. Farbenindustrie A. G., worüber Kirst kürzlich mehrfach berichtete, bestätigt, wesentlich erweitert und ausgebaut, wobei ganz neue Gesichtspunkte auftauchten, wie z. B. die Einführung von faserfremden Gruppen nicht nur an den Schwefelatomen, sondern auch an anderen Stellen der Wollekeratine (z. B. an Aminogruppen[57]). Der Prozeß der weiteren Vernetzung der Wollproteine, den die Natur offensichtlich mit den Cystinbrücken einleitet, hat sich dabei als besonders wichtig herausgeschält. Nach Kirst können in bezug auf die Verringerung der Alkalilöslichkeit durch den Einbau neuer Brückenglieder beachtliche Effekte erzielt werden. Das Ergebnis war in der Tat eine waschfestere Wolle[58]).

Die ganze Entwicklung zeigt besonders eindrucksvoll, wie durch Abwandlung schwefelhaltiger Bezirke in Naturstoffen auch technische Fortschritte erzielt werden können, an denen der Bindungsstand des Schwefels wesentlich mitbeteiligt ist.

Die über den Bildungsmechanismus von Lanthionin in Einweißstoffen geäußerten Ansichten (siehe Gleichung 9) ließen sich auch durch synthetische Versuche über die Anlagerung von Thiolcarbonsäuren an ungesättigte Säuren stützen[59]). Nachdem in Modellversuchen die Bedingungen solcher Additionen am Beispiel der Acrylsäure festgelegt waren, zeigte es sich, daß auch die *α-Acetylaminoacrylsäure* (XXV) in neutraler bis schwach alkalischer Lösung in der Siedehitze das Thiol Cystein unter Bildung des Lanthioninsystems anzulagern vermag. Diese Addition vollzieht sich gegen die Regel von Markownikoff (Gleichung 12):

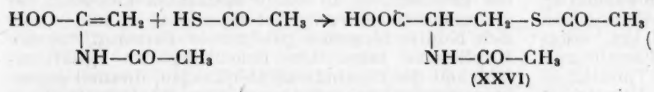


(12)

Damit war eine neue ergiebige Synthese von Lanthionin aufgefunden, die außerdem als Vorbild für die Entstehung dieser Aminosäure in Naturstoffen angesehen werden konnte, wobei die ausgewählten Reaktionsbedingungen besonders zu beachten sind. Der wichtige Einfluß der Temperatur auf die Additionsreaktion und die Frage ihrer Reversibilität durch starkes Alkali wurden an der bisher unbekannten, optisch aktiven β-Aminodiäthylsulfid-β,β'-dicarbonsäure, HOOC—CH_2—CH_2—S—CH_2—CH(NH_2)COOH, studiert, die eine Aminogruppe weniger als das

Lanthionin enthält, diesem chemisch sehr ähnlich ist und aus Acrylsäure und 1-Cystein aufgebaut werden kann.

Diese zur Aufklärung des Verhaltens von Eiweißstoffen unternommenen synthetischen Versuche zeitigten noch ein anderes Ergebnis von allgemeinerem Interesse. Sie führten nämlich zu einer neuen, ausbaufähigen Synthese von Cystein, die die bisher bekanntgewordenen Methoden an Einfachheit und Ergiebigkeit übertrifft[60]). Die oben erwähnte α-Acetylaminoacrylsäure (XXV) lagert nämlich auch glatt Thiolessigsäure unter Bildung von *N, S-Diacetylcystein* (XXVI) an (Gleichung 13):

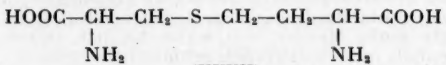


(13)

(XXVI)

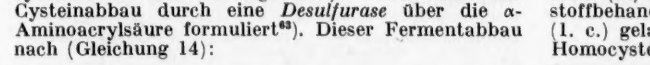
Die Salzsäurehydrolyse dieser Diacetylverbindung liefert dann ohne weiteres *Cystein*, das, falls erwünscht, direkt anschließend zum Cystin in üblicher Weise oxydiert werden kann. Es fällt ein Gemisch von meso- und Racemform an.

Im Zusammenhang mit dieser Synthese mag noch darauf hingewiesen werden, daß das Additionsvermögen der freien *α-Aminoacrylsäure* gegenüber Schwefelverbindungen gelegentlich auch zur Deutung der für Stoffwechselvorgänge wichtigen Umwandlung des Methioninschwefels in Cysteinschwefel in vivo, die über das interessante *Cystathionin* (XXVII) verlaufen soll, herangezogen wurde[61]).



(XXVII)

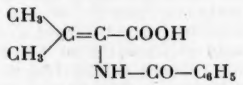
Dieser Vorstellung ist allerdings durch die Annahme widersprochen worden, daß das *Serin* an dieser Cysteinsynthese in vivo beteiligt sei[62]). Ferner wird der Cysteinabbau durch eine *Desulfurase* über die α-Aminoacrylsäure formuliert[63]). Dieser Fermentabbau nach (Gleichung 14):



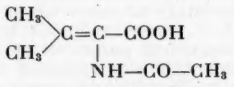
(14)

entspricht in seiner Umkehr ganz dem Prinzip der von uns benutzten Synthese. Auch Nicolet hat mehrfach die α-Aminoacrylsäure und ihre Derivate im Zusammenhang mit synthetischen Leistungen in vivo und in vitro diskutiert[64]).

Der Reaktionstyp der Thiolanlagerung an ein α-Aminoacrylsäurederivat erwies sich in den Händen verschiedener Arbeitskreise in jüngster Zeit für die Synthese anderer wichtiger, schwefelhaltiger Aminosäuren als sehr wertvoll. Miescher und Mitarbeiter[65]) und Butenandt und Mitarbeiter[66]) konnten so in Anlehnung an die Synthese von β-Methylcystein durch Carter und Mitarbeiter[67]) beispielsweise die Reaktionsfähigkeit des Azlaktons[68]) der α-Benzoylamino-β, β-dimethylacrylsäure (XXVIII) gegenüber Benzylmerkaptan in Gegenwart von Natriummethylat oder Piperidin zur Synthese von *β, β-Dimethylcystein* (XIII), dem Penicillamin, benutzen[69]). Das gleiche Ziel ist auch über die α-Acetylamino-β, β-dimethylacrylsäure (XXIX) von Süs[70]) erreicht worden.



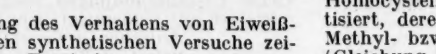
(XXVIII)



(XXIX)

Aus den nach diesen Verfahren zunächst entstehenden Benzylthioäthern C_6H_5—CH_2—S—R müssen die Benzylgruppen durch Behandlung mit Natrium in flüssigem Ammoniak abgespalten werden[71]).

Weiterhin haben dann die Engländer Catch, Cook, Graham und Heilbron[72]) *Methionin*[73]) (III) und Homocystein (IX) durch eine Reaktionsfolge synthetisiert, deren erster Schritt in der Anlagerung von Methyl- bzw. Benzylmerkaptan an *Acrolein* bestand (Gleichung 15):



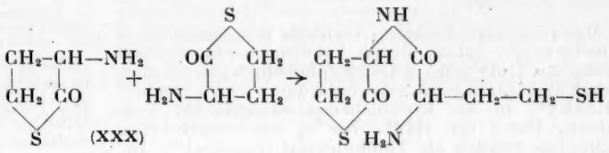
(15)

Ferner müßte die Synthese von *Cystathionin* (XXVII) aus Homocystein und α-Acetylaminoacrylsäure möglich sein[74]).

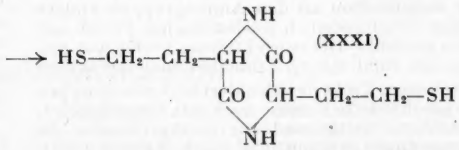
Die in all diesen synthetischen Arbeiten niedergelegten experimentellen Erfahrungen stellen eine beachtliche Bereicherung unserer Kenntnisse von schwefelhaltigen Aminosäuren dar.

Die heute viel bearbeitete Anlagerung von Thiolen und Schwefelwasserstoff an die Doppelbindung hat auch zu technisch bemerkenswerten Produkten geführt. So wurden Thiolsäuren (RCOSH) unter anderem an Kautschuk addiert (öl- und petroleumfeste Kautschukarten) und Polythiole in ungesättigte Polymerisationsprodukte (aus Butadien, Isopren usw.) und Mischpolymerisate einpolymerisiert[75]). Die Anlagerungsreaktion wirft vor allem ferner theoretisch interessante Fragen auf. Diese Fragen betreffen Chemismus und Richtung der Reaktion (Ionen- oder Radikalreaktion), die auffällige und wirksame katalytische Beeinflussung[76]) durch Basen (Piperidin, Triäthylamin, Natriummethylat, Benzyltrimethylammoniumhydroxyd[77]), Peroxyde (Ascaridol, Acetyl- und Benzoylperoxyd), Disulfide (Amyldisulfid, Diphenyldisulfid[78]) und Licht und die beachtlichen Unterschiede in der Reaktionsfähigkeit der Substrate[79]).

Bei der Reduktion des oben erwähnten Homocystins (X) in saurer Lösung oder bei der Jodwasserstoffbehandlung von Methionin nach Baernstein (l. c.) gelangt man nicht ohne weiteres zum freien Homocystein (IX). Es erfolgt dabei vielmehr in Analogie zur Laktonbildung aus γ-Oxysäuren Ringschluß unter Bildung des *Thiolaktons* (XXX). Dieses Thiolakton zeigt in schwach alkalischen Lösungen oder in Bicarbonat eine merkwürdige Eigenschaft. Es geht hierdurch nämlich unter Anlagerung einer Aminogruppe an die COS-Bindung eines 2. Moleküls in das *Diketopiperazin* des Homocysteins (XXXI) über (Gleichung 15):



(XXX)



(XXXI)

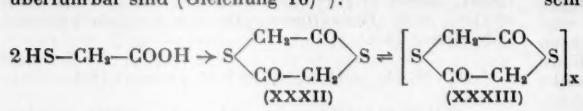
15

Die Oxydation dieses Diketopiperazins liefert ein *polymeres* Disulfid, von dem gesagt wird, daß es „in seinen Eigenschaften an Keratin erinnere"[80]).

Diese Befunde stehen in einem gewissen Zusammenhang mit der gemeinsam mit F. Krumey aufgefundenen neuen Methode zur Einführung von Schwefel in Eiweißstoffe[81]). Solche Schwefelungen von Eiweiß sind in mehrfacher Hinsicht von Interesse, vor allem aus ernährungsphysiologischen Gründen und zur Deutung des Keratinproblems in Natur und Technik.

Der Entstehung von Homocysteinthiolakton (XXX) entspricht die Bildung von *Thiolaktiden* aus *α*-Sulfhydrylcarbonsäuren. Durch Wasserabspaltung aus Thio-

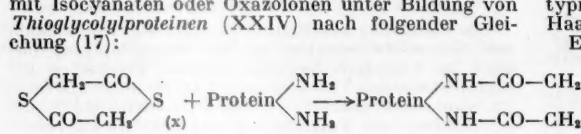
glycolsäure in der Hitze gelangten wir beispielsweise zu Dithioglycolid (XXXII) und Polythioglycoliden (XXXIII), die anscheinend reversibel ineinander überführbar sind (Gleichung 16)[82]):



(16)

(XXXII) (XXXIII)

Diese Thiolaktide reagieren erwartungsgemäß mit Ammoniak und Aminen unter Bildung von Thioglykolsäureamiden. Bemerkenswerterweise setzten sie sich aber auch unter gelinden Reaktionsbedingungen in schwach alkalischen Lösungen unter Acylierung von freien Aminogruppen mit Eiweißstoffen um, unter denen zunächst besonders Casein und Eieralbumin studiert wurden. Die Einkondensation der Thiolaktide vollzieht sich ganz in Analogie etwa zur Umsetzung mit Isocyanaten oder Oxazolonen unter Bildung von *Thioglycolylproteinen* (XXIV) nach folgender Gleichung (17):



(XXXIV) (17)

Es erfolgt also Substitution an den freien ε-Aminogruppen der Lysinreste. Ferner besteht ein direkter Zusammenhang zwischen der Zahl der verschwindenden Aminogruppen und der Zahl der eingeführten Schwefelatome. In einem Caseinpräparat stand beispielsweise der maximalen Zunahme an Schwefel von 0,44 m-atom/g eine Einbuße an freien Aminogruppen von 0,46 m-atom N/g gegenüber. Durch diesen Zusammenhang ist auch die Höhe der Schwefeleinführung begrenzt. In Caseinpräparaten ließ sich der Schwefelgehalt um rund 180% erhöhen. Die folgende Zusammenstellung vermittelt eine Übersicht über analytische Bestimmungen an geschwefelten Proteinen (Tabelle 2):

Tabelle 2: *Eigenschaften von geschwefelten Eiweißstoffen.*

	Casein	Eieralbumin
S-Gehalt in %	2,18	2,94
Zunahme des S-Geh. in %	183	77
SH-S in % d. eingeführten S	45,5	48
Zunahme des S-Geh. in m-atom/g	0,44	0,40
Abnahme des NH_2-N-Geh. in m-atom N/g	0,46	0,30
Äquivalentgew. gegenüber NaOH	663	(964)
Isoelektrischer Punkt	4,15	—

Der prinzipiell wichtige Nachweis der eingeführten Thiolgruppen gelang durch kolorimetrische Bestimmung mit Hilfe von 2,6-Dichlorphenolindophenol oder durch Reduktion von Cystin nach dem von Anson und Mirsky[83]) in die Eiweißchemie eingeführten Verfahren. Rund die Hälfte bis ¾ des eingeführten Schwefels wurden als Thiolschwefel festgelegt[84]). Infolge der Substitution an den Aminogruppen ändern sich bei den Thiolproteinen isoelektrischer Punkt und Äquivalentgewichte. Der isoelektrische Punkt war beispielsweise um rund 0,5 p_H-Einheiten nach der sauren Seite verschoben. Trotz der blockierten Aminogruppen reagieren geschwefelte Caseine noch mit Formaldehyd, jedoch nicht so weitgehend wie natives Casein. Es kann angenommen werden, daß nach Nitschmann und Lauener[85]) auch acetylierte Aminogruppen und die Iminogruppen der Peptidketten, ferner SH-Gruppen dabei in Reaktion treten. Der neue, in verschiedener Richtung ausbaufähige Reaktionstyp gestattet zum erstenmal die Einführung neuer oder zusätzlicher SH- bzw. SS-Gruppen in Proteine. Zugleich stellt er eine schonende Methode zur Veränderung funktioneller Gruppen dieser Stoffklasse dar. Beide Möglichkeiten stehen mit wichtigen Problemen der modernen Eiweißforschung in Zusammenhang.

Dieser Bericht sei mit einem in jüngster Zeit aufgeworfenen originellen Problem aus der Keratinforschung abgeschlossen. Keratine als die cystinreichsten Vertreter unter den Eiweißstoffen sind in besonderem Maße in ihrem Verhalten durch Veränderungen an den vielen Disulfidbindungen ausgezeichnet. Geschichtsschreiber aus früheren Jahrhunderten haben uns die Aufsehen erregende Beobachtung überliefert, daß gelegentlich Arbeiter aus Kupferbergwerken im Schmucke grün gefärbter Kopf- und Barthaare prangten. Dieser auffällige Befund ist in der Literatur immer wieder beschrieben und diskutiert worden. Jedoch brachte auch die letzte größere Publikation über den Fragenkomplex von Lochte und Feist aus dem Jahre 1938[86]) noch keine Erklärung der tieferen Ursache der Erscheinung. In einem bekannten Lehrbuch der anorganischen Chemie[87]) ist die Angabe zu finden, daß sich Kupfer bisweilen „als grüner Farbstoff" in den Kopfhaaren zeige. Die Beachtung der Reaktionsfähigkeit der Cystindisulfidbindungen, diesmal gegenüber Kupfersalzen, hat auch hier die Ursache einer typischen Reaktionsfolge, die zur „Auffärbung" der Haare führt, aufgedeckt[88]).

Es gelang uns, in ganz einfacher Weise durch Behandlung von menschlichen und tierischen Haaren (Schafwolle) mit feingepulvertem metallischen Kupfer oder Kupferoxydul in heißem Wasser beträchtliche Mengen von Kupfer in die Haare einzulagern. Nach 10tägiger Reaktionszeit fielen beispielsweise Haare mit einem Kupfergehalt von rund 12% an. Der auffällige äußere Befund dabei war eine intensive und prächtige rost- bis dunkelbraune Auffärbung von Wollfasern. Die analytische Untersuchung solcher Fasern ergab erwartungsgemäß sehr starke Veränderungen an den Cystinbindungen und die Jodwasserstoffreduktion zeigte große Mengen von wahrscheinlich sulfidisch, jedenfalls nicht disulfidisch gebundenem Schwefel an. Dabei vollzogen sich die Vorgänge unterhalb des Neutralpunktes. Aus einem größeren Versuchsmaterial (eine eingehende Besprechung erfolgt in einem besonderen Bericht) gibt Tabelle 3 eine typische Versuchsreihe wieder:

Tabelle 3. *Behandlung von C-Wolle (2,0 g) mit Wasser (400 ccm) und metall. Kupfer (3,5 g) bei 90° C.*

Dauer der Behandlung (Tage)	Farbe der Fasern	Cu-Geh. in %	Cystingehalt in %	p_H in Flotten	Gesamt-N in Flotten mg/400cm
1	rostbraun	3,29	7,8	5,98	9,3
2	braun	4,20	7,45	6,05	14,3
4	braun	5,93	6,04	6,05	32,5
6	braun	8,39	4,73	5,98	57,3
8	dunkelbr.	10,3	3,48	6,00	79,4
10	dunkelbr.	12,1	2,24	6,02	96

Noch nicht geklärt ist, wie die großen Kupfermengen in den Haarkeratinen gebunden sind. Auch die Röntgendiagramme der Haare gaben bis jetzt noch keinen Hinweis auf eingelagerte, niedermolekulare und kristallisierte Kupferverbindungen, etwa Kupfersulfide[89]). Bei der Heißwasserbehandlung von Wollfasern mit anderen Schwermetallen, z. B. Pb, Cd, Zn, Fe und Bi, lassen sich eingelagerte Metallsulfide röntgenographisch glatt identifizieren[90]). Jedoch kann angenommen werden, daß das Kupfer auch an funktionelle Gruppen (etwa SH- und SO_3H-Gruppen), die bei den Veränderungen der Cystindisulfidbindungen entstehen, gebunden ist. Im übrigen dürfte es sich, trotz der einfachen Versuchsbedingungen, um einen recht komplexen Vorgang in den Fasern handeln. Vermutlich wird neben hydrolytischen Vorgängen maßgeblich eine Disproportionierungsreaktion beteiligt sein, die an Disulfidbindungen nach Versuchen von P. W. und D. B. Preisler[91]) mit Dithiodihydracrylsäure durch Cupriionen ausgelöst wird und gleichzeitig zu Thiol- und Sulfonsäurebildung führt. Durch solche Disproportionierungen werden Cupriionen zu Cuproionen reduziert und dann beispielsweise als Cupromerkaptide festgelegt.

Die weitere auffällige Beobachtung bestand darin, daß die mit Kupfer beladenen Haare sich im Laufe der Zeit offenkundig unter dem Einfluß eines durch

Licht und Wärme katalysierbaren Autoxydationsvorganges *intensiv grün* färbten. Damit waren durch unsere Modellversuche die Reaktionsbedingungen nachgeahmt, wie sie bei Kupferarbeitern besonders in Bergwerken gegeben sein können und die die drastischen Effekte in Haaren auslösen. Darüber hinaus können sich unter Umständen aus diesen Untersuchungen neue Gesichtspunkte für das Studium des Bindungsvermögens von Eiweißstoffen gegenüber Kupfersalzen ergeben.

Die hier in einigen Fällen dargebotene Betrachtung über Zusammenhänge in der Chemie schwefelhaltiger Naturstoffe läßt erkennen, wie sich organisch-chemische und biochemische Untersuchungsergebnisse gegenseitig ergänzen und befruchten. Auch hier wird der Wert des Modellversuches für das Verständnis komplizierter Stoffwechselvorgänge offenbar. Es darf die Hoffnung ausgesprochen werden, daß die weiteren Bemühungen um das Erkennen übergeordneter Zusammenhänge auch auf diesem Arbeitsgebiet zur Klärung eines in manchem noch so heterogenen Tatsachenmaterials beiträgt. So gesehen, sollte die Beschäftigung mit dem Schwefelgehalt der Naturstoffe uns ebenfalls nur als Mittel zum Zwecke dienen.

Eingegangen am 11. Januar 1949.

[43]) Horn, M. H., Jones, D. B., Ringel, S. J., J. biol. Chem. **138**, 141 (1941); **144**, 87, 93 (1942).
[44]) Schöberl, A. u. Mitarbeiter, Angew. Chem. **54**, 313 (1941); Rambacher, P., Dissertation Würzburg, 1939; vgl. auch Speakman, J. B., Whewell, C. S., J. Soc. of Dyers and Colourists **52**, 380 (1936).
[45]) Vigneaud, V. du, Brown, G. B., Bonsnes, R. W., J. biol. Chem. **141**, 707 (1941).
[46]) Schöberl, A., Rambacher, P., Wagner, A., Bio. Z. **317**, 171 (1944).
[47]) Schöberl, A., Biochem. Z. **313**, 214 (1942).
[48]) Über Einzelheiten der komplizierten Reaktionsfolge an alkalilabilen Disulfiden vgl. Schöberl, A., Angew. Chem. Abt. A/**60**, 307 (1948) und frühere Publikationen.
[49]) Schöberl, A., Rambacher, P., Wagner, A., Bio. Z. **317**, 171 (1944).
[50]) Schöberl, A., Rambacher, P., A. **538**, 84 (1939); Schöberl, A., Hornung, Th., A. **534**, 210 (1938).
[51]) Eigene Untersuchungen hierüber wurden unterbrochen. Ihre Fortsetzung ist geplant.
[52]) Lindley, H., Phillips, H., Biochem. J. **39**, 17 (1945); vgl. Blackburn, S., Lindley, H., J. Soc. of Dyers and Colourists **64**, 305 (1948).
[53]) Middlebrook, W. R., Phillips, H., Biochem. J. **36**, 294, 428 (1942); **41**, 218 (1947); Lindley, H., Phillips, H., Biochem. J. **39**, 17 (1945); Cuthbertson, W. R., Phillips, H., Biochem. J. **39**, 7 (1945).
[54]) Elöd, E., Zahn, H., Melliand Textilber. **28**, 217, 253, 291 (1947).
[55]) Patterson, W. J., Geiger, W. B., Mitzell, L. R., Harris, M., Am. Dyestuff Rep. **30**, 425, 447 (1941); Geiger, W. B., Kobayashi, F. F., Harris, M., Textile Colorist **65**, 313 (1943); Harris, M., Brown, A. E., Amer. Dyestuff Rep. **36**, 16 (1947).
[56]) E. P. 453 701; vgl. Textile Manufacturer **807**, 129 (1942).
[57]) Kirst. W., Melliand Textilber. **28**, 169, 314, 394 (1947); **29**, 236 (1948); vgl. auch Elöd, E., Zahn, H., Melliand Textilber. **29** 17 (1948).
[58]) Mein Mitarbeiter P. Rambacher schlug bereits in seiner 1938 abgeschlossenen Dissertation vor, *SH-Gruppen in Wolle durch Umsatz mit reaktionsfähigen Polyhalogenverbindungen zu verätheren*, um so ein neues stabiles Bindungsnetz in die Faser einzubauen. Uns wurde durch äußere Gründe die Weiterführung dieser Gedankengänge, deren Vordringlichkeit dann die späteren Untersuchungen von anderer Seite zum Ausdruck brachten, unmöglich gemacht.
[59]) Schöberl, A., Wagner, A., B. **80**, 379 (1947).
[60]) Schöberl, A., Wagner, A., Naturw. **34**, 189 (1947); Einzelheiten über die Entwicklung dieser Synthese und die verschiedenen Bemühungen von anderer Seite in der gleichen Richtung sind an anderer Stelle zusammenfassend dargestellt. (Schöberl, A., Angew. Chem. Abt. A/**60**, 307 (1948).
[61]) Vgl. Brand, E., Cahill, E. F., Block, R. J., J. biol. Chem. **110**, 399 (1935); Fromageot, Cl., Advances in Enzymology **VII**, 369 (1947).
[62]) Vigneaud, V. du, Brown, G. B., Chandler, J. P. J. biol. Chem. **143**, 59 (1942); Binkley, F., du Vigneaud, V., J. biol. Chem. **144**, 507 (1942); Binkley, F., Anslow, W. P., du Vigneaud V., J. biol. Chem. **143**, 559 (1942); Stetten, D., J. biol. Chem. **144**, 501 (1942); Toennies, G., J. biol. Chem. **132**, 455 (1940).
[63]) Fromageot, Cl., Enzymol. (den Haag) **11**, 81 (1943); Smythe, C. V., J. biol. Chem. **142**, 387 (1942); Smythe, C. V., Halliday, D., J. biol. Chem. **144**, 237 (1947).
[64]) Vgl. Nicolet, B. H., Journ. of Washington Acad. of Science **28**, 84 (1938).
[65]) Neher, R., Spillmann, M., Werner, L. H., Wettstein, A., Miescher, K., Helv. **29**, 1874 (1946); vgl. auch Helv. **30**, 432 (1947).
[66]) Butenandt, A., Jatzkewitz, H., Fouche, P., Ztschr. physiol. Chem. **282**, 268 (1947).
[67]) Carter, H. E., Stevens, C. M., Ney, L. F., J. biol. Chem. **139**, 247 (1941).
[68]) Vgl. auch Nicolet, B. H., J. biol. Chem. **95**, 389 (1932); J. amer. chem. Soc. **57**, 1098 (1935).
[69]) Vgl. auch Savard, K., Richardson, E. M., Grant, G. A., Canad. J. Research (B) **24**, 28 (1946).
[70]) Sûs, O., A. **559**, 290 (1948).
[71]) Methode von Vigneaud, V. du und Mitarbeitern J. biol. Chem. **108**, 753 (1935); **109**, 719 (1935); **111**, 393 (1935) u. **112**, 149 (1935).
[72]) Catch, J. R., Cook, H. A., Graham, A. R., Sir Heilbron, Jan, Nature (London) **159**, 578 (1947); J. chem. Soc. **1947**, 1609.
[73]) Vgl. auch Pierson, E., Giella, M., Tishler, M., J. amer. chem. Soc. **70**, 1450 (1948).
[74]) Ihre Durchführung ist von uns schon seit längerer Zeit geplant; vgl. auch Diskussionsbemerkung von Bersin, Th., Angew. Chem. Abt. A/**60**, 250 (1948).
[75]) Vgl. Cunneen, J. I., J. chem. Soc. **1947**, 36, 134; Pont de Nemours, E. I. du & Co., A. P. 2, 419, 943.
[76]) Vgl. Kharasch, M. S., Fuchs, Ch. F., J. org. Chem. **13**, 97 (1948); Diskussionsbemerkung von Eistert, B., in Angew. Chem. Abt. A/**60**, 250 (1948).
[77]) Hurd, C. D., Gershbein, L. C., J. amer. chem. Soc. **69**, 2328 (1947).
[78]) Rueggeberg, W. H. C., Cook, W. A., Reid, E. E., J. org. Chem. **13**, 110 (1948); Rueggeberg, W. H. C., Chernack, Rose, W. C., Reid, E. E., J. amer. chem. Soc. **70**, 2292 (1948).
[79]) Die eingehende Diskussion des bereits umfangreichen Tatsachenmaterials bleibt einem gesonderten Bericht vorbehalten.
[80]) Vigneaud, V. du, u. Mitarbeiter, J. biol. Chem. **112**, 149 (1935); **126**, 217 (1938).
[81]) Schöberl, A., Angew. Chem. Abt. A/**60**, 7 (1948).
[82]) Schöberl, A., Krumey, F., B. **77**, 371 (1944).
[83]) Anson, M. L., Mirsky, A. E., J. Gen. Physiol. **19**, 427 (1936).
[84]) Während der Aufarbeitung war eine teilweise Oxydation der SH- zu SS-Gruppen eingetreten.
[85]) Nitschmann, H., Lauener, H., Helv. **29**, 184 (1946).
[86]) Lochte, Th., Feist, K., Beitr. zur Haut-, Haar- und Fellkunde Bd. II, S. 49 (1938).
[87]) Hofmann, K. A. u. U. R., Anorganische Chemie 11. Aufl. S. 519 (1945).
[88]) Vgl. vorläufige Mitt. darüber. Schöberl, A., Naturw. **34**, 217 (1947). Eine ausführliche Diskussion des Problems erfolgte zum erstenmal in meinen Gastvorlesungen, die ich auf Einladung v. Prof. J. B. Speakman im Department of Textile Industries an der Universität Leeds in England in den Monaten Juni und Juli 1948 gehalten habe.
[89]) Die Röntgenaufnahmen wurden von Prof. H. Ott vom Physikalischen Institut der Universität Würzburg angefertigt.
[90]) Vgl. Schöberl, A., B. **74**, 1225 (1941); Klepzigs Textilztschr. **45**, 41 (1942); **46**, 81 (1943).
[91]) J. amer. chem. Soc. **54**, 2984 (1932).

Kurze Originalmitteilungen.

Zur Interpretation der ausgezeichneten Nucleonenzahlen im Bau der Atomkerne.

2. Mitteilung.

1. *Kernspins.* In einer vorangehenden Mitteilung hatten wir darauf hingewiesen[1]), daß man die ausgezeichneten Nucleonenzahlen im Kernbau erhält, wenn man die Zustände der einzelnen Protonen und Neutronen nach ihren Gesamtdrehimpulsen so ordnet, daß in aufeinanderfolgenden Klassen von Zuständen jeder Drallwert, *abwärts* von einem Maximalwert, der die betreffende Klasse kennzeichnet, *einmal* vorkommt. Da sich in den Kernen mit gerader Protonen- und Neutronenzahl die Drehimpulse zu Null zusammensetzen, ist es naheliegend, in den Kernen mit ungerader Masse das unpaarige Nucleon für den Gesamtspin der Kerne verantwortlich zu machen.

Wenn man annimmt, daß das *unpaarige* Nucleon immer den Drall der sich gerade auffüllenden Untergruppe annimmt, so ergibt die Anordnung der Zustände in [1]) eine Abhängigkeit der Drallwerte von der (ungeraden) Protonen- resp. Neutronenzahl [9]), die in der Figur 1 durch den gestrichelten Linienzug wiedergegeben ist. Die empirischen Werte[5]) sind als vertikale Striche eingezeichnet. Wie man sieht, werden die durch das Schema [1]) vorgegebenen Maximalwerte, mit Ausnahme von 3 Stellen bei ungeraden Protonen ($_{19}K^{39\cdot41}$, $_{37}Rb^{85}$, $_{67}Ho^{165}$) und einer Stelle ($^{37}_{30}Zn^{67}$, evtl. auch $^{7}_{6}C^{13}$) bei ungeraden Neutronen, nirgends überschritten; insbesondere liegen die großen Drallwerte genau an den vorgesehenen Stellen. Daß die für die gepaarten Nucleonen maßgebenden Maximalwerte nicht durchgängig angenommen werden, darf man so deuten, daß das unpaarige Neutron sich in Zuständen

niedrigeren Drehimpulses (der gleichen Klasse) anlagern kann, und erst bei der Paarung der Nucleonen, insbesondere bei einer Gesamtzahl von Protonen resp. Neutronen, die zu einer abgeschlossenen Unterklasse gehört, das Schema [1]) streng eingehalten wird. Dies entspricht ganz den Verhältnissen in der Elektronenhülle, wo auch wiederholt *zwischen* den abgeschlossenen Schalen die Grundzustände von Element zu Element in kapriziöser Weise wechseln.

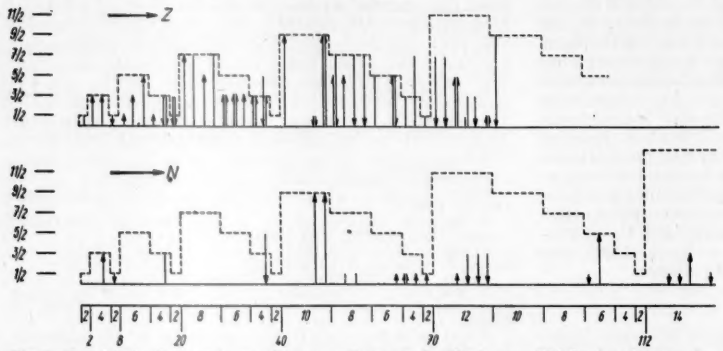


Fig. 1. Empirische Spinwerte von Kernen mit ungerader Protonenzahl (oben) und ungerader Neutronenzahl (unten), aufgetragen gegen die Gesamtzahl von Protonen bzw. Neutronen im Kern. Ein Pfeil nach oben bedeutet paralelle, nach unten antiparalelle Spin-Bahnmoment-Einstellung. Wo keine Pfeilspitzen eingezeichnet sind, ist das magnet. Moment nicht bekannt.

2. *Magnetische Momente.* Wie Schmidt[2]), Schüler und Schmidt[3]) und andere[4]) hervorgehoben haben, lassen sich die magnetischen Momente bei festem Kernspin in jeweils zwei getrennte Gruppen von größerem resp. kleinerem Moment einteilen, was die Deutung nahelegt [2])[3]), daß bei dem unpaarigen Nucleon sein Spin in der einen Gruppe parallel, in der anderen Gruppe antiparallel zu seinem Bahnmoment steht. Latham[4]) hat darauf hingewiesen, daß das Vorkommen der Momente in der einen oder anderen Gruppe nicht regellos über die Z-Werte verteilt ist. In der Figur 1 haben wir durch die Pfeilspitzen angedeutet, ob das Moment zur Gruppe der parallelen (Pfeil nach oben), oder der antiparallelen (Pfeil nach unten) Spin-Bahnmoment-Einstellung gehört. Wie erkennbar, gehört zu einer Unterklasse unseres Schemas fast durchweg die gleiche Pfeilrichtung; die wenigen Ausnahmen sollen a. a. O. im einzelnen besprochen werden. Zu beachten ist, daß für die entsprechenden Unterklassen bei unpaarigem Proton resp. Neutron empirisch die gleiche Zuordnung vorliegt. Unter dem Vorbehalt, daß eine Aufteilung des Gesamtdralls in Spin und Bahnimpuls sicher keine gute Approximation der Verhältnisse im Kern ist, und allenfalls ein Wert des Bahnimpulses in der Zustandsfunktion überwiegt, möchten wir nach dem Befund bei den magnetischen Momenten die in Tab. 1 angegebene Zuordnung der Klasseneinteilung zu bestimmten Bahnimpulsen vorschlagen, die in der Tabelle in (1) noch offengelassen war (wobei zu beachten ist, daß das Parallelstellen von Spin und Bahnmoment generell gegenüber der antiparallelen Einstellung sich als energetisch stark bevorzugt erweist):

3. *Doppelt unpaarige Kerne.* Die Spinwerte von $_5B^{10}$ (j = 3) $_7N^{14}$ (j = 1), $_{11}Na^{22}$ (j = 3), $_{19}K^{40}$ (j = 4), und $^{106}_{71}Cp^{176}$ (j ≦ 7), ebenso wie die Größenordnung der magnet. Momente, ergeben sich richtig nach unserem Schema, wenn Protonen- und Neutronen-Gesamtdrall sich addieren und das Vorliegen zweier unpaariger Teilchen das Auftreten der nach dem Schema in der Figur 1 maximal möglichen Drehimpulse der einzelnen Nucleonen begünstigt. $_3Li^6$ erfordert eine besondere Diskussion, die a. a. O. folgen soll.

4. *Häufiges Auftreten von Isomerie* ist entsprechend der Mattauchschen Isomeriegel[6]) um die Nucleonenzahlen 40, 70 und 112 zu erwarten, wo in unserem Schema auf einen Wert j = ½ unmittelbar ein großer Drehimpuls folgt. Auf die Häufung der Isomerien um Z = 40 ist von Feenberg in einer uns gerade jetzt zugänglich gewordenen Note[7]) hingewiesen worden. Im Gegensatz zu den dort diskutierten Termordnungen[8]), die sich in Anlehnung an die Theorie der Elektronenhülle auf eine Unterscheidung der Zustände nach Bahnmomenten stützen, halten wir dafür, daß gerade das durch die Spin-Bahn-Kopplung bei den Kernkräften bedingte Aufspalten von Zu-

Tabelle 1.

Unterklasse r_j	$1_{1/2}$	$2_{3/2}$	$2_{1/2}$	$3_{5/2}$	$3_{3/2}$	$3_{1/2}$	$4_{7/2}$	**) $4_{5/2}$	$4_{3/2}$	$4_{1/2}$	
Spineinstellung*)	+	+	−	+	−	+	+	(±)	+	−	
Term im Zentralfeld (n, l, j)	$1s_{1/2}$	$2p_{3/2}$	$2p_{1/2}$	$3d_{5/2}$	$3d_{3/2}$	$2s_{1/2}$	$4f_{7/2}$	$4d_{5/2}$ $4f_{5/2}$	$3p_{3/2}$	$3p_{1/2}$	
Unterklasse r_j	$5_{9/2}$	***) $5_{7/2}$	$5_{5/2}$	$5_{3/2}$	$5_{1/2}$	$6_{11/2}$	$6_{9/2}$	$6_{7/2}$	$6_{5/2}$	$6_{3/2}$	$6_{1/2}$
Spineinstellung*)	+	−	(±)	−	+	+	−	?	+	+	−
Term im Zentralfeld (n, l, j)	$5g_{9/2}$	$5g_{7/2}$	$4d_{5/2}$ $4f_{5/2}$	$4d_{3/2}$	$3s_{1/2}$	$6h_{11/2}$	$6h_{9/2}$	?	$5d_{5/2}$	$4p_{3/2}$	$4p_{1/2}$

*) Spineinstellung + : Spin und Bahnmoment parallel,
− : Spin und Bahnmoment antiparallel.

**) Spin und magn. Moment von $_{37}Rb^{85}$ und $^{67}_{30}Zn^{67}$ deuten darauf hin, daß $4f_{5/2}$ mit $4d_{5/2}$ konkurriert (vgl. auch Unterklasse $5_{3/2}$); auch das kleine magn. Moment von $_{27}Co^{59}$ ließe sich so deuten, wenn dieses den Spin $^5/_2$ hätte, statt des in der Literatur angegebenen Wertes $^7/_2$, wenn nicht überhaupt das Moment größer ist, als aus den Hyperfeinstrukturmessungen berechnet wurde.

***) Zwischen Z = 50 und 82 scheinen Überschneidungen in der Termordnung aus[1]) vorzukommen, z. B. sind vermutlich bei Z = 62 die auf $5_{9/2}$ folgenden Untergruppen (12 Plätze) durch die volle Untergruppe $6_{11/2}$ verdrängt, so daß die auf Z = 50 folgende Verteilung der Spins der unpaarigen Protonen sich nahezu wiederholt. Eine Reihe feinerer Besonderheiten, z. B. der Häufigkeitssprung bei $_{74}W$ läßt sich so interpretieren.

ständen von gleichem l und verschiedenem j in zwangloser Weise die „magic numbers" 28, 50, 82, 126 erklärt.

Hamburg, Institut für physikal. Chemie der Universität.

Hans E. Sueß.

Göttingen, Max-Planck-Institut.

Otto Haxel.

Heidelberg, Institut für theoret. Physik der Universität.

J. Hans D. Jensen

Eingegangen am 15. März 1949.

[1]) Haxel, O., Jensen, H. u. Sueß, H., Naturwiss. **35**, 376 (1948).
[2]) Schmidt, Th., Z. f. Phys. **106**, 358 (1937.)
[3]) Schüler, O., und Schmidt, Th., Z. f. Phys. **107**, 12 (1937).
[4]) Vgl. Literatur bei Latham, R., Proc. Phys. Soc. London, **59**, 979 (1947).
[5]) Spins und Momente nach Seaborg Tables, Rev. Mod. Physics.
[6]) Mattauch, J., Z. f. Physik, **117**, 246 (1941).
[7]) Feenberg, E., Phys. Rev. **75**, 320 (1949).
[8]) Elsasser, W. und Andere, Literaturzitate und zusammenfassender Bericht bei Bethe und Bacher, Rev. Mod. Physics, **8**, 82 (1937) und bei Feenberg[7]).
[9]) Vgl. auch F. Hund, Z. f. Phys. **105**, 202, (1937).

Modellmäßige Deutung der ausgezeichneten Nucleonenzahlen im Kernbau.

In zwei vorangehenden Mitteilungen[1])[2]) hatten wir die ausgezeichneten Nucleonenzahlen Z oder N = **6**, 8, **14**, 20, **28**, 40, **50**, 70, **82**, 112, **126** erhalten durch eine Anordnung der Zustände der einzelnen Nucleonen nach ihren Drehimpulsen j, in der Weise, daß in aufeinanderfolgenden Klassen r, die durch einen maximalen Drehimpuls $j = r - ½$ gekennzeichnet sind, jeder Drehimpuls $j \leqq r - ½$ einmal vorkommt. Die Unterklassen rj sind wegen ihrer Multiplizität $(2j + 1)$-fach mit Protonen und Neutronen zu besetzen. Die gewöhnlichen Zahlen entsprechen einer abgeschlossenen r-Klasse, während bei den fett gedruckten, ab 28 im Kernbau sich besonders auszeichnenden Zahlen, aus der nachfolgenden Klasse auch die Unterklasse mit dem größten j besetzt ist. Aus den Spins und magnetischen Momenten der Kerne mit einem unpaarigen Neutron gelang es[2]), den Unterklassen rj bestimmte Bahndrehimpulse zuzuordnen.

Die so empirisch erhaltene Termordnung ergibt sich nun (mit geringen Diskrepanzen, die unten einzeln besprochen werden und möglicherweise auf irrigen empirischen Daten beruhen) genau aus dem Oszillatormodell. Approximiert man das Kraftfeld, mit dem die übrigen Nucleonen auf das zuletzt eingebaute wirken, zunächst durch das Potential eines isotropen Oszillators, so lassen sich die zu einer Quantenzahl $r = r_1 + r_2 + r_3 + 1$ gehörenden Terme nach ihren Bahndrehimpulsen l ordnen[3]), wobei für ungerades r jedes gerade $l \leqq r$-1 einmal, umgekehrt für gerade r jedes ungerade $l \leqq r$-1 einmal vorkommt (vgl. Tabelle 1). Bei isotroper Anharmonizität spaltet ein r-Zustand gemäß den l-Werten auf, wobei die Terme mit größeren l-Werten tiefer liegen als die mit kleineren[3]). Die Spin-Bahn-Wechselwirkung*) spaltet die Terme schließlich in $j = l \pm ½$ auf. Aus den „magic numbers" 28, 50, 82, 126 ist zu schließen, daß der Term mit dem jeweils größten l besonders stark aufspaltet.

Die Termfolge der Tabelle 1 weicht nur in wenigen Daten von der empirisch erschlossenen Folge in[2]) ab:

Dem Term $rj = 4_{9/2}$ scheint nach[2]) wechselnd durch einen Zustand $f_{5/2}$ oder ein Zustand $d_{5/2}$ realisiert zu sein, jedoch hängt die Zuordnung zu $d_{5/2}$ nur am $^{30}_{25}Mn^{55}$; die Termfolge der Tab. 1 würde durchgehend eingehalten, wenn *Mn* beim gleichen g-Faktor den Spin $^7/_2$ statt des in der Literatur angegebenen Wertes $^5/_2$ hätte. Ebenfalls $^{32}_{27}Co^{59}$, das, mit $j = ^7/_2$ und einem zu $j = l - ½$ gehörigen g-Faktor, ganz aus dem Termschema herausfällt, würde genau hineinpassen, wenn ihm der Drall $^5/_2$, an Stelle von $^7/_2$ zukäme.

In der Unterklasse $ri = 5_{5/2}$ verlangt $^{90}_{63}Eu^{153}$ einen $d_{5/2}$-Term (während $^{88}_{63}Eu^{151}$ einen $f_{5/2}$-Term als Grundzustand hat), das Schema der Tab. 1 wäre mit den empirischen Daten genau im Einklang, wenn Eu^{153} den Drall $^7/_2$ und demgemäß einen $g_{7/2}$-Term als Grundzustand hätte, der auch bei den anschließenden Kernen mit unpaarigem Proton $^{98}_{67}Ho^{165}$, $^{104}_{71}Cp^{175}$ und $^{108}_{73}Ta^{181}$ vorliegt.

Tabelle 1.

1	2	3	4	5	6	7	8
Oszillator-Quantenzahl r	Multiplizität	Summe aller Multiplizitäten	Bahndrall l	Gesamtdrall j	l_j-Symbol	Multiplizität	magic numbers
1	2	2	0	$^1/_2$	$s_{1/2}$	2	
2			1	$^3/_2$	$p_{3/2}$	4	
	6	8		$^1/_2$	$p_{1/2}$	2	
3			2	$^5/_2$	$d_{5/2}$	6	14
				$^3/_2$	$d_{3/2}$	4	
	12	20	0	$^1/_2$	$s_{1/2}$	2	
4			3	$^7/_2$	$f_{7/2}$	8	28
				$^5/_2$	$f_{5/2}$	6	
			1	$^3/_2$	$p_{3/2}$	4	
	20	40		$^1/_2$	$p_{1/2}$	2	
5			4	$^9/_2$	$g_{9/2}$	10	50
				$^7/_2$	$g_{7/2}$	8	
			2	$^5/_2$	$d_{5/2}$	6	
				$^3/_2$	$d_{3/2}$	4	
	30	70	0	$^1/_2$	$s_{1/2}$	2	
6			5	$^{11}/_2$	$h_{11/2}$	12	82
				$^9/_2$	$h_{9/2}$	10	
			3	$^7/_2$	$f_{7/2}$	8	
				$^5/_2$	$f_{5/2}$	6	
			1	$^3/_2$	$p_{3/2}$	4	
	42	112		$^1/_2$	$p_{1/2}$	2	
7			6	$^{13}/_2$	$i_{13/2}$	14	126
				$^{11}/_2$	$i_{11/2}$	12	
			4	$^9/_2$	$g_{9/2}$	10	

und so weiter

In der Klasse 6 gibt es für die Zuordnung der Unterklasse $6_{7/2}$ noch keinen empirischen Anhaltspunkt, es wäre interessant, wenn in diesem Gebiet (nur ein Kern mit unpaarigem Neutron kommt in Frage, da die Z-Werte jenseits 92 liegen würden) ein Kern mit $j = ^7/_2$ gefunden und dessen magnetisches Moment bestimmt würde, einstweilen spricht nichts gegen die Zuordnung eines $f_{7/2}$ Grundzustandes. Der Unterklasse $6_{9/2}$ müßte nach dem Drall und magnetischen Moment von Yb^{173} ein $d_{5/2}$-Term zugeordnet sein, gegenüber einem $f_{5/2}$-Term nach Tabelle 1; ein Drall $^3/_2$ oder $^7/_2$, bei gleichem g-Faktor, würde Übereinstimmung mit dem Schema der Tabelle 1 ergeben.

Zusatz bei der Korrektur: In allen diesen Fällen sind die magnetischen Momente nur aus Hyperfeinstrukturmessungen bekannt, eine Korrektur der Berechnung der magnetischen Momente aus den gemessenen Aufspaltungen könnte hier die Diskrepanzen zum Verschwinden bringen, ohne daß man andere Kernspins anzunehmen brauchte, außer vermutlich beim Europium (nach frdl. Hinweis von H. Kopfermann).

Abgesehen von diesen 4 Abweichungen ist das gesamte empirische Material mit der Termfolge eines isotropen anharmonischen Oszillators in Einklang. Ein solches Modell ist vermutlich auch vernünftiger als das eines Potentialtopfes mit senkrechten Wänden**), da die Reichweite der Kernkräfte nicht viel geringer ist als der Kernradius.

Die durch die empirische Auszeichnung der „magic numbers" 28, 50, 82, 126 geforderte energetische Begünstigung von paralleler gegenüber antiparalleler Spin-Bahnmomenteinstellung spiegelt sich noch in einigen Details der Drallwerte der Kerne mit unpaarigem Nucleon:

Bei dem frühen Auftreten des Dralls $j = ½$ in der Klasse $r = 3$, bei unpaarigem Proton und in $r = 5$ bei

unpaarigem Neutron, handelt es sich um einen $s_{1/2}$-Zustand, der mit einem $d_{3/2}$-Zustand (antiparallele Einstellung) konkurriert; in der Klasse $r = 4$ dagegen, wo zu $j = 1/2$ ein p 1/2 Term (antiparallel) und zu $j = 3/2$ ein $p_{3/2}$-Term (parallel) gehört, tritt bei den unpaarigen Kernen der Drall $j = 1/2$ erst an der nach dem Schema Tab. 1 geforderten Stelle auf. Entsprechend treten in der Klasse $r = 4$ die Terme $p_{3/2}$ bevorzugt gegenüber der Terme $f_{5/2}$ auf, resp. in der Klasse $r = 5$ die Terme $d_{5/2}$ bevorzugt gegenüber der Terme $g_{7/2}$.

Das Überschreiten der Grenzlinie der Fig. 1 in[2]) durch beide Isotopen $_{19}K^{39,41}$, das zunächst wie eine ernstliche Durchbrechung des Ordnungsschemas aussieht, deutet nur darauf hin, daß in der Klasse $r = 3$ die $s_{1/2}$-Zustände früher ganz aufgefüllt werden als die vorangehenden $d_{3/2}$-Zustände. Das Entsprechende gilt für die Konkurrenz der $p_{3/2}$- mit den $f_{5/2}$-Zuständen in der Klasse $r = 4$, die den herausfallenden Drall $j = 5/2$ für $^{85}_{37}Rb^{85}$ und $^{67}_{30}Zn^{67}$ zur Folge hat.

Heidelberg, Instit. f. theoret. Physik der Univ.
J. Hans D. Jensen.

Hamburg, Instit. f. physikal. Chemie der Univ.
Hans E. Sueß.

Göttingen, Max-Planck-Institut
Otto Haxel.

Eingegangen am 6. April 1949.

[1]) Haxel, Jensen und Sueß, Naturwiss. im Erscheinen.
[2]) Sueß, Haxel und Jensen, Naturwiss. im Erscheinen. In einem uns freundlicherweise zugesandten Manuskript hat Nordheim, L., Duke-University Durham, N.C. im wesentlichen eine entsprechende Zuordnung der Kerne mit unpaarigem Nucleon zu bestimmten l- und j-Werten getroffen.
[3]) Vgl. z. B. Bethe und Bacher, Rev. Mod. Phys. **8**, 82, §§ 32 ff. (1937).
*) Diese ist nicht nur magnetisch, sondern eine Folge des Yukawafeldes.
**) Bei dem die Termfolge übrigens nicht wesentlich verschieden ist, vgl. z. B. Bethe und Bacher (l. c.)

Über die unmittelbare Messung unregelmäßiger Gitterstörungen mit dem Geiger-Zählrohr*).

Nachdem in früheren Jahren in unserem Laboratorium in einer Reihe von Fällen unregelmäßige Gitterstörungen (zum Teil als „Aufrauhung von Netzebenen"[1]) bezeichnet) photographisch gemessen und großenteils mit Wärmeinhalten verglichen worden sind[2]), gelang es uns neuerdings, nachdem wir in den Besitz eines geeigneten Zählrohres gekommen waren (hergestellt von Prof. Berthold, Neuenbürg), die betreffenden Intensitätseffekte unmittelbar zu messen. Diesen Messungen muß ein größerer Grad von Sicherheit zugebilligt werden als den früheren, weil hierbei eine Reihe von Fehlerquellen, welche sich bei den photographischen Aufnahmen und beim Photometrieren ergeben, wegfallen.

Es wurden für verschieden aktive Zustände ein und desselben Stoffes die integralen Intensitäten von je zwei Interferenzen ausgemessen und die so erhaltenen Zahlen in der früheren Weise[3]) ausgewertet. Folgende Messungen wurden durchgeführt:

1. An ZnO, hergestellt durch Entwässerung von ε-$Zn(OH)_2$ bei 600 und bei 100°[4]). Untersucht wurden die Interferenzen 110 und 123. Hieraus ergab sich als Quadratwurzel aus der x-Komponente der Störamplitude senkrecht zur reflektierenden Netzebene $\sqrt{\overline{u_x''^2}}$ für das 100°-Präparat ein mittlerer Wert von 0,13 Å, während früher 0,12 gefunden wurde[3]). Das 600°-Präparat wurde für die Berechnung als ungestört angenommen. Korkmehlverdünnung 0,5 : 1 (Korkmehl: Substanz).

2. α-Fe_2O_3 hergestellt einerseits bei 800°, andererseits bei 240° aus α-FeOOH[5]). Ausgemessen wurden die Interferenzen 014, 110 und 140. Es ergab sich für das 240°-Präparat eine mittlere unregelmäßige Gitterstörung in der gleichen Definition wie oben von 0,14Å, während früher 0,21 Å gefunden wurden[3]). Korkmehlverdünnung 0,5 : 1.

3. Metallisches Nickel, hergestellt durch Reduktion von $Ni(OH)_2$ bei 170°. Dieses wurde verglichen mit einem Präparat, welches längere Zeit im Vakuum auf 350° erhitzt worden war. Ausgemessen wurden die Interferenzen 002 und 133. Es ergab sich für das 170°-Präparat eine mittlere Störamplitude von 0,06 Å. Korkmehlverdünnung 1 : 1.

Das gleiche Präparat besaß nach 1stündigem Tempern auf 200° noch eine mittlere Störamplitude von 0,04 Å. Korkmehlverdünnung 0,5 : 1. Früher wurden für ein dem 170°-Präparat ähnliches 0,06 Å gefunden[6]).

4. Metallisches Mo, hergestellt aus gefälltem MoO_3 auf K_2SO_4 als Träger durch Reduktion mit H_2 bei 580°, Abschrecken und Auswaschen des K_2SO_4. Dieses wurde verglichen mit einem aus sublimiertem MoO_3, bei 980° mit H_2 hergestellten Mo als Standard. Ausgemessen wurden die Interferenzen 011, 211 und 321. Mit der photographischen Methode ergab sich im Mittel 0,07 Å[7]), mit dem Zählrohr 0,06 Å. Korkmehlverdünnung 5 : 1 bzw. 0,5 : 1.

Die Versuche wurden zum Teil ergänzt und weiter erhärtet mit Substanzplättchen nach dem Rückstrahlverfahren.

Die aktiven Metalle enthielten wie früher alle noch Ausgangsoxyd.

Die Bezugssubstanzen lieferten praktisch unverbreiterte, aber noch vollkommen glatte Debye-Scherrer-Linien.

Die Befunde stellen eine unmittelbare Erhärtung der früher bereits nachgewiesenen Effekte dar.

Es ist beabsichtigt, die Methode weiterhin auf Mischkristalle und verformte Metalle anzuwenden, sowie auf die Vorgänge während der Reaktionen im festen Zustand.

Neckarhausen, Kreis Nürtingen, Laboratorium für anorganische Chemie der Technischen Hochschule

Stuttgart, den 21. März 1949.

R. Fricke, A. Seitz.

Eingegangen am 6. April 1949.

*) 100. Mitteilung von Fricke R. und Mitarbeitern über aktive feste Stoffe.
[1]) Hengstenberg, J. und Mark, H., Z. Physik **61**, 435 (1930).
[2]) Überblick in Schwab, G. M., Handbuch der Katalyse, Band IV (1943). Artikel von Fricke, R.
[3]) Fricke, R. und Gwinner, E., Ztschr. physik. Chem. (A) **183**, 165 (1938).
[4]) Fricke, R. und Ackermann, P., Z. anorg. u. allg. Chem. **214**, 177 (1933).
[5]) Fricke, R. und Ackermann, P., Ztschr. Elektrochem. **40**, 630 (1934).
[6]) Fricke, R. und Schweckendiek, W., Ztschr. Elektrochemie **46**, 90 (1940).
[7]) Fricke, R. und Vogt, P., noch unveröffentlicht.

Zur Statistik polarer Luftdruckwellen.

(Vorläufige Mitteilung.)

Im Rahmen einer umfassenden synoptisch-statistischen Untersuchung der quasiperiodischen Luftdruckänderungen wurde der Luftdruckgang einer polaren Station (Spitzbergen) für die 36 Winter 1912/13 bis 1947/48 harmonisch analysiert und für jeden Winter ein Periodogramm aus 29 Wellenlängen zwischen 8 und 80 Tagen berechnet. Ermittelt man aus diesem Periodogramm für jeden Einzelwinter die „dominierenden" Wellen, die (im Zeitraum vom 1. Oktober bis 29. März = 180 Tage) eine mittlere Amplitude von mindestens 4 mb haben, so findet man in je 10 Wintern (= 28%) eine dominierende Welle von 20 bzw. 22 Tagen Länge, in 27 Wintern (= 75%) eine solche zwischen 20 und 26,7 Tagen Länge. Daraus ergibt sich also, daß die von L. Weickmann und seinen Schülern[1]) untersuchte 24tägige polare Welle 1923/24 und die 20tägige Welle 1928/29 keine Einzelfälle waren. In 2/3 aller Winter traten polare Luftdruckwellen von *20—24 Tagen* Dauer auf. Dagegen ist der andernorts [2]) definierte kalendarische Persistenzquotient Q (= Verhältnis zwischen dem vektoriellen und dem skalaren Mittelwert der Amplituden aller Einzelwellen von bestimmter Länge) bei der 20- und 22tägigen Welle

außerordentlich niedrig; die Eintrittszeiten (Phasen) schwanken also in den einzelnen Jahren regellos hin und her. Es erscheint daher wahrscheinlich, daß der von Schwerdtfeger[3]) geschilderte Vorgang des Abtropfens der seichten polaren Kaltluftkalotte tatsächlich eine Periodenlänge von 22 ± 2 Tagen hat und in mindestens $^2/_3$ aller Winter auftritt, wobei Spitzbergen noch nicht einmal als besonders typische Station gelten kann.

Die im kollektiven Jahresgang des Luftdrucks in Mitteleuropa stark heraustretende *30tägige Welle*[4]) kommt in Spitzbergen in 7 Wintern in dominierender Form vor. Da sie in einigen Wintern mit hoher Amplitude und in fast gleicher Phase auftritt, erreicht Q mit 37% den Maximalwert der 36jährigen Reihe, und der Endpunkt des mittleren Periodogrammvektors liegt mit einer Amplitude von 1,3 mb bereits dicht an der Peripherie des Kreises, in dem bei rein zufälliger Verteilung der Schwerpunkt der Wolke der Endpunkte aller Einzelvektoren liegen müßte. Die *36tägige* von Lettau untersuchte maritim-kontinentale Schwingung[5]) tritt in Spitzbergen erwartungsgemäß nur selten dominierend auf.

Während also die überzufällige Existenz einer kalendergebundenen 30tägigen Welle hier nicht mit Sicherheit nachgewiesen werden kann, überschreitet der mittlere Periodogrammvektor der *72tägigen Welle* den Radius des Zufallskreises für die Zeit 1912/13 bis 1945/46 mit 1,9 mb beträchtlich, sinkt aber bis 1947/48 auf den Wert dieses Radius, 1,5 mb, ab. In den ersten 34 Jahren unserer Periode beschränkt sich die Punktwolke auf eine halbmondartige Fläche, die etwa die Hälfte des zur Verfügung stehenden Raumes frei läßt. Die Winter 1946/47 und 1947/48 liegen gerade in der freigebliebenen Fläche; 1948/49 dagegen wieder nahe dem Schwerpunkt. Im Gegensatz zu dieser, auf den 1. Oktober jeden Jahres (als Phasenanfang) bezogenen Darstellung verteilen sich die Punkte auf einer auf den 1. Oktober 1912 bezogenen völlig regellos. Es handelt sich also offensichtlich nicht um eine streng 72tägige Welle, sondern um eine, die eher der 5. Oberschwingung des Jahres (73,05[d]) gleichzusetzen ist, und die als quasipersistente, kalendarisch (mit Q = bis 42%) einigermaßen gebundene Schwingung aufzufassen ist. Diese Welle brach 1946 plötzlich ab und setzte mit einer um 180° versetzten Phase neu ein, wobei Q auf 31% zurückging. Daß im gleichen Winter 1946/47 ein polares Hoch von großer Intensität und langer Dauer auftrat, steht offenbar im Zusammenhang mit diesem Phasensprung, der anscheinend 1948 wieder rückgängig wird. In 75% aller Winter finden wir eine dominierende 66- bis 80tägige Welle. Die in den Wintern 1923/24 und 1924/25 von Oehmisch[6]) beschriebene 72tägige Welle stellt eine fortschreitende Schwingung mit Maxima über den Ozeanen und einer polaren Amphidromie dar.

Man gewinnt den Eindruck, daß im Polargebiet im Winter zwei Typen von Schwingungen existieren: ein *20 bis 24tägiger*, vorwiegend thermisch bedingter *Abtropfrhythmus der polaren Kaltluftkalotte*, dessen Eintrittstermin regellos hin und her schwankt, und eine rund *73tägige Welle*, die quasipersistent als höhere Oberschwingung des Jahres auftritt und wahrscheinlich als *Eigenschwingung der gesamten Atmosphäre* aufzufassen ist, wobei die Polarkalotte selbst nicht oder nur schwach beteiligt ist. Beide Wellentypen treten in der Mehrzahl aller Winter auf, wobei ihre Länge nicht ganz konstant ist. Die nur annähernd quasipersistente 30tägige Welle gehört offenbar dem zweiten Typus an; ihr Sitz in der Hochstratosphäre konnte von Scherhag[7]) und Flohn[4]) nachgewiesen werden.

Verhältnismäßig häufig (7 Winter) tritt eine *11,3 tägige* dominierende Periode auf, die auch bereits von Weickmann[1]) genannt worden ist. Diese Tatsache verdient um so mehr Beachtung, als es sich ja jeweils um ein Mittel aus 16 Schwingungen handelt, die den 180tägigen Zeitraum erfüllen. Im Winter 1948/49 trat eine 11tägige Welle über der ganzen Nordhalbkugel auf, die über 9 Perioden zu verfolgen war.

Weitere umfangreiche Untersuchungen über die Statistik von Luftdruckwellen im europäisch-atlantischen Raum (seit 1883) sind im Gange; dabei wird auch die Realität der von Flohn[4]) und Koppe[8]) vermuteten, von Bartels[9]) bestrittenen „kollektiven" Luftdruckwellen geprüft werden[10]).

Zentralamt für Wetterdienst, Bad Kissingen.

E. Brandtner und H. Flohn.

Eingegangen am 4. April 1949.

[1]) Weickmann, L., Ber. Sächs. Ak. Wiss. Math. Nat. Kl. **39**, 2 (1924); Meteor. Z. 244 (1927) u. a.; Pflugbeil, W., Diss. Leipzig 1935.
[2]) Flohn, H., Ann. Meteor. 253 (1948).
[3]) Schwerdtfeger, W., Veröff. Geophys. Inst. Leipzig **4**, 5 (1931).
[4]) Flohn, H., Experientia 319 (1947); Naturwissenschaften 149 (1947).
[5]) Lettau, H., Veröff. Geophys. Inst. Leipzig **5**, 2 (1931).
[6]) Oehmisch, W., Veröff. Geophys. Inst. Leipzig **12**, 3 (1940).
[7]) Scherhag, R., Neue Methoden der Wetteranalyse und Wetterprognose, Berlin, S. 349 (1948).
[8]) Koppe, H., Meteor. Rundsch. 385 (1948).
[9]) Bartels, J., Ann. Meteor. 123 f. (1948).
[10]) vgl. auch Weickmann, L. jun., Meteor. Rundsch. 459 (1948).

Zur Struktur der Eiweißstoffe.

Die Struktur der Eiweißstoffe als Makromoleküle aus peptidartig miteinander verknüpften Aminosäuren bedingt das Vorliegen von freien Amino-, Carboxyl-, phenolischen Hydroxyl- und eventuell Thiolgruppen. Diese Gruppen sind die Ursache für die Reaktion der Proteine mit einer Reihe von Reagentien, wie Formaldehyd, Keten, Cyanaten, Diazomethan, Dithioformiat[1]), Cyanamid-derivaten[2]) und anderen. Jedoch vermag eine einfache Polypeptidstruktur nicht alle Eigenschaften der Proteine zu erklären. So gibt sie keine befriedigende Erklärung für deren leichte Umsetzung mit Formamid[3]) und Thio-formamid[1])[3]), angesichts des Befundes, daß unter gleichartigen Bedingungen Aminosäuren und niedrigmolekulare Peptide nicht mit diesen Stoffen reagieren. Wir haben in den 1-Amino-zuckern eine weitere Stoffklasse gefunden, die sich in verdünnt wäßriger Lösung leicht mit Proteinen umsetzt. Die Kondensationsprodukte werden durch Dialyse in Cellophanschläuchen und Umfällen gereinigt und zeigen im Falle der 1-Amino-d-glucose folgende Kohlenhydratgehalte (in %) [4]):

	Ausgangsstoff	Umsetzungsprodukt
Gelatine	0,6	1,2
Serumalbumin (I)	0,5	1,1
Casein	0,3	1,0
Serumalbumin (II)	0,2	0,8
Serumglobulin	1,5	1,8
Edestin	0,1	0,5

1-Amino-zucker dialysierten wir quantitativ durch Cellophan. Es kann sich bei der Reaktion mit 1-Aminozuckern nicht um eine Salzbildung handeln, da derartige Salze wegen der geringen Azidität der Proteine weitgehend hydrolysiert wären und bei der Dialyse sicher völlig unter Entfernung des Aminozuckers zerlegt würden. Dies wird weiter dadurch gesichert, daß beim Ansäuern auf p_H 4,8 und Dialyse das Kohlenhydrat unverändert an das Protein gebunden bleibt. Der Vollständigkeit halber sei erwähnt, daß aus Lösungen von Proteinen und Glucose (die als Hydrolysenprodukt von 1-Aminoglucose auftritt) letztere durch Dialyse völlig entfernt wird. Aus der Bildung von echten chemischen Verbindungen zwischen Proteinen und 1-Aminozuckern ist zu folgern, daß in ersteren Atomgruppierungen vorhanden sein müssen, die nicht durch die Peptidstruktur wiedergegeben werden. Bei der Gelatine, dem Casein und dem Serumalbumin kommt bei der Zunahme des Kohlenhydratgehaltes um 0,6 — 0,7% eine solche Gruppe auf einen Proteinrest vom Mol.-Gew. von etwa 30 000, beim Serumglobulin und Edestin bei einer Zunahme von 0,3 — 0,4% auf einen solchen von etwa 60 000, was unter Berücksichtigung der Fehlergrenzen der Kohlenhydratbestimmung in bemerkenswerter Weise mit den bekannten

Molekülintereinheiten der Proteine von 35 000 bzw. 70 000 übereinstimmt.

Ob es sich hierbei um ein allgemein gültiges stöchiometrisches Verhältnis handelt, müssen weitere, in Arbeit befindliche Untersuchungen, die sich auch auf andere aliphatische und aromatische Amine erstrecken, zeigen. Eine ausführliche Veröffentlichung erfolgt anderenorts.

Münster (Westf.), Chemisches Institut d. Universität

F. Micheel und B. Herold.

Eingegangen am 23. März 1949.

[1]) Micheel, Istel und Schnacke, Chem. Ber. **82** (im Druck).
[2]) Micheel und Schmidt, K., Makromol. Chem. (im Druck).
[3]) Micheel und Mitarbeiter, Chem. Ber. **80**, 37 (1947).
[4]) Bestimmt nach M. Sörensen und Haugaard, Biochem. Ztschr. **260**, 247 (1933).

Menschliche Toxoplasma-Infektionen in Deutschland.

Seit den Untersuchungen von Wolf, Cowen und Paige (1939)[5]) ist bekannt, daß das von Nicolle und Manceaux (1908)[6]) und Splendore (1908)[8]) entdeckte, parasitisch lebende Protozoon *Toxoplasma* nicht nur bei Tieren, sondern auch beim *Menschen* auftreten und zu ernsten Erkrankungen führen kann. Zwar fand bereits 1923 der Prager Augenarzt Janku[2]) bei einem 11 Monate alten Kind, das unter dem Symptom eines Hydrocephalus starb, im Auge ein parasitisches Protozoon, aber seiner Mitteilung wurde keine Beachtung geschenkt. Nach den heutigen Kenntnissen gilt es als sicher, daß er damals bereits eine Toxoplasma-Infektion gefunden hatte.

Nach einer der letzten Angaben von Binkhorst (1948)[1]) wurden bisher 49 Fälle menschlicher Toxoplasmosis parasitologisch belegt. Sie verteilen sich auf verschiedene Orte Nord-, Mittel- und Südamerikas und auf 12 Orte bzw. Gebiete Europas: Amsterdam, Rotterdam, Groningen, Paris, Genf, Basel, Zürich, Prag, Stockholm, Italien, Korsika und Norwegen. Danach berichteten Jacoby und Sagorin (1948)[7]) über einen Fall in England. Die Parasiten wurden z. T. intra vitam, z. T. post mortem histologisch gefunden. Intra vitam wurde der Nachweis durch Übertragung von Liquor auf weiße Mäuse geführt; denn die Toxoplasmen sind offenbar sehr wirtsunspezifisch und anscheinend auf fast alle Laboratoriums- und Haustiere zu übertragen. Es besteht die berechtigte Vermutung, daß es sich bei der Toxoplasmosis um eine Zoonose handelt (Winsser)[4]).

Im Juli und Oktober 1948 kamen in der Bonner Kinder- und Augenklinik 2 Kinder mit Hydrocephalus zur Untersuchung. Auf Grund der Berichte über die Symptomatologie der Toxoplasmosis wurde wegen der klinischen Erscheinungen (Hydrocephalus, Chorioretinitis) der Verdacht gehegt, daß beide Fälle als Toxoplasmosis anzusprechen seien (Prof. Müller, Prof. Ullrich, Bonn). Das erste Kind kam inzwischen ad exitum.*) Die histologische Untersuchung der Augen führte zur Auffindung der Toxoplasmen (7. 1. 1949) und damit zur Bestätigung der klinischen Diagnose.

Fig. 2 gibt eine sog. Pseudocyste von Toxoplasma unseres Falles wieder. Sie liegt zwischen der äußeren und inneren Körnerschicht der Retina (Fig. 1) und enthält sehr zahlreiche Parasiten. Auffallend ist, daß

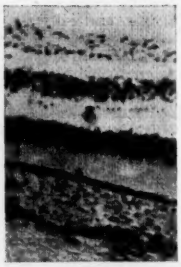


Fig. 1.

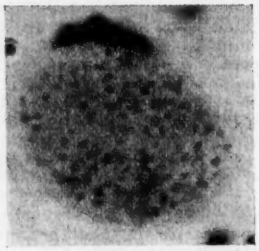


Fig. 2.

die Zahl der Pseudocysten oder Terminalkolonien, wie Barnes Cross (1947)[9]) sie nennt, sehr gering war und in der näheren Umgebung zu keinerlei Veränderungen des Gewebes geführt hatte. Die Untersuchung der Gehirnschnitte hat auch Parasiten auffinden lassen.

Der zweite Fall ist klinisch ebenfalls als Toxoplasmosis angesprochen worden (Ullrich, Müller). Die serologische Untersuchung des Kindes durch Dr. Winsser, Leiden, führte zu einem positiven Ausfall des Neutralisationstestes (nach Sabin)[3]). Der Nachweis der spezifischen Antikörper im Blutserum „stützt die Diagnose in erheblichem Maße" (Binkhorst).

Damit ist auch für Deutschland das Vorkommen von Toxoplasma beim Menschen erwiesen.

Aus der medizin.-parasitolog. Abteilung des Pharmakolog. Instituts der Universität Bonn.

Gerh. Piekarski.

Eingegangen am 19. Februar 1949.

*) *Anmerkung b. d. Korrektur:* Inzwischen verstarb auch das 2. Kind und hatte zahlreiche Parasiten vor allem in der Lunge.— Serologich konnten bisher in Bonn etwa 20 Fälle von Toxoplasmosis nachgewiesen werden.

[1]) Binkhorst, C. D., Toxoplasmosis, Stenfert Kroese, Leiden 1948.
[2]) Janku, J., Ref.: Zbl. ges. Ophthalm. **12**, 112 (1924).
[3]) Sabin, Proc. Soc. Exp. Biol. u. Med., **41**, 75—80, (1939) und **51**, 6—10 (1942).
[4]) Winsser, Toxoplasmosis: een Zoönose, Tijdschrift voor Diergeneesekd. **73**, 1948.
[5]) Wolf, A., Cowen, D. und Paige, B. H., Am. J. Path. **15**, 657 (1939). Science **89**, 226—227 (1939).
[6]) Nicolle, C., u. Mauceaux, L., C. r. Acad. Sc. **147**, 763 (1908); ebenda **148**, 369 (1908).
[7]) Jakoby, N., und Sagorin, L., The Lancet 1948, 926—928.
[8]) Splendore, A., Rev. Soc. Scient., Sao Paulo, **3**, 109 (1908).
[9]) Barnes Cross, J., J. Inf. Dis., **80**, 278—296 (1947).

Besprechungen.

Kühnert, H., **Der Briefwechsel zwischen Otto Schott und Ernst Abbe über das optische Glas 1879—1881.** Veröffentl. der thüringischen historischen Kommission Bd. II, XXXVI und 342 S. Verlag Gustav Fischer, Jena 1946, Preis 20 DM.

Innerhalb der Geschichte der optischen Industrie ist der Aufbau des Zeißwerkes durch Ernst Abbe und der Jenaer Glashütte durch Otto Schott ein besonders wichtiges und interessantes Kapitel. Aus diesem bildet der vorliegende Briefwechsel einen Ausschnitt, der die Anfänge der für die ganze Entwicklung so überaus bedeutungsvollen Zusammenarbeit zwischen Abbe und Schott beleuchtet. Allerdings muß bemerkt werden, daß dieser Briefwechsel schon mehrfach bei der Abfassung bereits veröffentlichter biographischer Schriften über Ernst Abbe und Otto Schott verarbeitet wurde, von denen die von F. Auerbach verfaßte, fesselnd geschriebene Biographie Ernst Abbes die bekannteste sein dürfte („Ernst Abbe, sein Leben, sein Wirken, seine Persönlichkeit, nach Quellen und aus eigener Anschauung geschildert." Leipzig 1918). Demjenigen, der diese Biographie kennt, vermag daher die vorliegende Veröffentlichung an Neuem im Wesentlichen nur Einzelheiten zu bieten.

Der Inhalt der überwiegenden Mehrzahl der Briefe ist rein sachlicher Natur und beschäftigt sich hauptsächlich mit den Probeschmelzen, die Schott noch in seiner Heimat Witten angestellt hatte, während Abbe an Schott von den Ergebnissen der in Jena durchgeführten optischen Prüfung der neuen Gläser berichtet. Für einen weiteren Kreis von Interesse sind vor allem Hinweise über die Methodik des Vorgehens bei diesen Probeschmelzen, namentlich darüber, ob der Arbeit irgendwelche allgemeinere (theoretische) Gesichtspunkte als Richtschnur dienten. Zwar ist die Ausbeute in dieser Hinsicht nicht allzu reichhaltig; immerhin sind folgende Stellen bemerkenswert:

In einem Briefe Schotts vom 29. 12. 1880 heißt es:

„... Was nun die methodische Disposition der Versuche anbetrifft, so möchte ich es doch wohl nicht ganz für zweckmäßig halten, alle möglichen Kombinationen durchzuprobieren, denn dann dürfte es der Arbeit doch wohl etwas viel werden; aber daß man diejenigen Kombinationen heraussucht, welche anscheinend die besten Resultate versprechen, das will mir unter den vorliegenden Verhältnissen das zweckmäßigste erscheinen; und damit mir dies möglich wäre, möchte ich sehr gern eine Liste aller derjenigen Körper der unorganischen Chemie und Mineralogie, welche auf ihre Brechungsverhältnisse untersucht worden sind, nebst den Resultaten besitzen... Es sind in den letzten Jahren in der organischen Chemie Untersuchungen über die Atomrefraktion von Gladstone, Landolt und Brühl zu Ende geführt worden, welche den Beweis geliefert haben, daß jedem Element ein bestimmter Koeffizient für die Brechung, welche eine aus mehreren solchen Elementen hervorgehende Verbindung besitzt, zukommt, und daß sich im voraus unter Umständen aus den hierfür bestimmten Konstanten die Brechung errechnen läßt. (Hierbei sind die einzelnen Linien des Spektrums nicht berücksichtigt worden.) Ohne Zweifel dürfte dasselbe Verhältnis in der unorganischen Chemie existieren."

Am 26. 2. 1881 schreibt er noch einmal:

„... Vor einiger Zeit fand ich auszugsweise die Resultate der Gladstoneschen Untersuchungen über die Refraktionsäquivalente, und zwar nicht allein für die Elemente der organischen, sondern auch für fast alle der unorganischen Chemie zusammengestellt (Lothar Meyer, ‚Die modernen Theorien der Chemie', Breslau 1880). Diese Resultate könnten für die literarischen Bearbeitungen sowohl als für die Grundlagen, von denen ausgehend unsere geplanten Arbeiten behandelt werden müßten, immerhin von einigem Wert sein; ich möchte deshalb sehr gern die Originalarbeiten des genanten Autors wohl durchlesen und frage Sie daher, ob Ihnen vielleicht folgende Zeitschriften leicht zugänglich sind..."

Abbe erwidert darauf recht lakonisch:

„... Die Abhandlung von Gladstone werde ich morgen von der hiesigen Bibliothek beschaffen, und, falls sie hier nicht zu haben ist, von Göttingen. Es wird dieselbe indes wenig Nutzen bringen können...",

worauf Schott zwar freundlich einlenkt, ohne jedoch seinen grundsätzlichen Standpunkt zu ändern:

„... Ich bin übrigens insofern mit Ihnen gleicher Meinung bezüglich der Gladstoneschen Abhandlungen, als für eine direkte Übertragung auf optische Gläser die Resultate nicht verwendbar sind; indessen glaube ich, daß sie doch für eventuelle neue Kombinationen Anhaltspunkte ergeben können und die Bestimmungsmethoden der Brechungsexponenten, d. h soweit dies die Verbindungen anbetrifft, in welchen die Bestimmung der Refraktionsäquivalente der Elemente vorgenommen worden ist, zu neuen Gedanken anleiten könnten."

Die sich hieraus ergebende Feststellung, daß der praktische Chemiker Schott die Heranziehung der damals verfügbaren theoretischen Hilfsmittel wünschte, während der Physiker und Mathematiker Abbe sie ablehnte, ist überraschend. Offenbar fehlte Abbe, wie der Mehrzahl der damaligen Physiker, noch vollkommen der Sinn und das Verständnis für stoffliche (chemisch-physikalische) Probleme, so daß er die Möglichkeit, auch auf diesem Gebiete durch die Theorie weiterzukommen, nicht beachtete. Übrigens sind offenbar die eigentlichen, bald darauf und später von Schott erzielten Erfolge tatsächlich nicht durch theoretische Vorausberechnungen herbeigeführt worden. Sehr aufschlußreich in dieser Hinsicht sind einige dem Buche E. Zschimmers, „Die Glasindustrie in Jena" entnommene, in einer Anmerkung (S. 309) wiedergegebenen Sätze:

„Wie Schott auf die Borsäure und Phosphorsäure verfiel, erscheint im ersten Augenblick eine theoretische Schlußfolgerung aus dem oben angenommenen Gesetz der Atomrefraktionen. Sicherlich war das aber nicht der ursprüngliche Zusammenhang. Wenn ein mit seiner Arbeitsmethode nahe vertrauter Herr einmal scherzhaft bemerkte, ‚Schott könne den Gläsern ins Herz schauen', so scheint mir nichts treffender als das. Der sichere, oft von unbewußten Ideen geleitete Erfinderinstinkt ließ ihn auf den ersten Griff jene beiden Stoffe packen, auf deren Wesen tatsächlich der ganze Fortschritt in der glastechnischen Schmelzkunst beruht. Ja, man kann sagen, er hatte mit der Borsäure sofort die außerordentliche Materie in der Hand, aus deren Wirkung später ein großes industrielles Werk, die Jenaer Hütte, erwachsen ist."—

Sehr bemerkenswert ist die liebevolle Sorgfalt, mit welcher der Herausgeber das Material bearbeitet, an vielen Stellen (z. B. aus alten Notizbüchern Schotts) ergänzt und mit erläuternden Anmerkungen versehen hat. Um so mehr ist es zu bedauern, daß die sehr große aufgewandte Mühe wahrscheinlich nur einem kleinen Leserkreis zugute kommen wird. Der Ausschnitt aus der Gesamtentwicklung ist eben doch reichlich eng und nur für den eigentlichen Fachmann von Interesse. Dazu kommt, daß natürlich vieles, vielleicht sogar das Wichtigste fehlt, was zur Gewinnung eines vollständigen Gesamtbildes nötig wäre, der Inhalt nämlich der zahllosen mündlichen Gespräche zwischen Abbe und Schott während der Besuche Schotts in Jena und vor allem nach seiner dauernden Übersiedlung nach dort Anfang 1882.

A. Eucken.

Eingegangen am 12. Februar 1949.

Oberdorfer, Erich, **Pflanzensoziologische Exkursionsflora für Südwestdeutschland und die angrenzenden Gebiete.** Stuttgart (E. Ulmer), 411 S., 42 Abb. 1949. 12 DM.

Diese Flora verdient hier Erwähnung, weil sie einen für Deutschland neuen Weg beschreitet. Die nun schon seit Jahrzehnten mit größter Intensität betriebenen pflanzensoziologischen Arbeiten haben über die Oekologie der einzelnen Arten und ihre Bindung an bestimmte Pflanzengesellschaften einen Schatz an Erfahrungen zusammengetragen, der noch zum größten Teil ungenutzt in Stößen von veröffentlichten und unveröffentlichten Tabellen ruht. Jeder, der zu diesem Arbeitsgebiet in irgendeine Beziehung tritt, hat aber den Wunsch, gerade über diese Seite jeder Pflanze auf Grund der vorliegenden Erfahrungen möglichst rasch und genau unterrichtet zu werden, entweder um die betreffende Art nun seinerseits als Standorts- und Gesellschaftszeiger zu verwenden oder um die allgemeinen Erfahrungen am neuen Sonderfall zu prüfen. Mit Hilfe der gangbaren Floren und ihrer allzu allgemeinen Angaben ist dies nicht möglich. Nur die ausgezeichnete Flora von Graubünden von Braun-Blanquet und Rübel enthält derartige soziologisch-ökologische Diagnosen für viele Arten. Das versucht nun also auch Oberdorfer für Südwestdeutschland, und zwar insofern in erweiterter Form, als jede Art so gekennzeichnet und auch sonst allerlei Wissenswertes über sie beigefügt wird, z. B. über die Verwendung, die wichtigsten Inhaltsstoffe usw., natürlich auch der Arealtyp, wie das ja schon verschiedene Floren tun. Freilich, obwohl der Verfasser selbst sehr viel gesehen hat und ihm auch das große unveröffentlichte Material R. Tüxens zur Verfügung stand, bleibt, wie er selbst sagt, noch vieles Vermutung. Der Zwang, sich über jede Art zu äußern, zeigt erst, wie viele Lücken noch bestehen. Zudem ist das soziologische System noch äußerst labil. Es wäre daher wohl vorteilhaft gewesen, die im Text herangezogenen Gesellschaften in der Einleitung nicht nur aufzuzählen, sondern auf mehreren Seiten kurz, samt ihren Standorten, zu kennzeichnen. Denn wer da etwa die im gleichen Verlag vor kurzem erschienenen „Pflanzengesellschaften Mitteleuropas" von R. Knapp heranziehen will, findet dort z. T. ganz andere (in noch viel geringerem Masse allgemein anerkannte) Bezeichnungen. Das könnte die Diagnosen der Arten auch vereinfachen, die ohnehin — schon

durch wechselnde Interpunktionen — noch straffer werden könnten. Die Verwendung des Ausdrucks „mediterran" für die submediterranen Arten des Flaumeichengürtels ist auch dann wenig glücklich, wenn man durchaus geneigt ist, diesen zum mediterranen Florengebiet zu rechnen. Auch das Format empfindet Ref. als ungeschickt. Denn es ist keine Taschenflora, obwohl sie doch möglichst am Standort benutzt werden sollte. Aber das und manches einzelne Versehen wird sich bei einer Neuauflage beheben lassen. Vorläufig ist entscheidend, daß der Versuch einer solchen folgerichtig auf das Braun-Blanquet-Tüxensche System der Pflanzengesellschaften bezogenen pflanzensoziologischen Flora einmal gemacht worden ist. Dafür verdient der Verfasser zweifellos besonderen Dank. Dem Buch kann man viele Benützer wünschen, und zwar möglichst solche, die durch kritische Mitarbeit das Bestreben des Verfassers fördern können und wollen.

F. Firbas.

Eingegangen am 9. Februar 1949.

Nickerson, W. J., **Biology of pathogenic fungi.** (Annales cryptogamici et phytopathologici, Vol. VI, ed. by Fr. Verdoorn). XX 236 S. Waltham, Mass. USA: The Chronica Botanica Co., Groningen, Holland: N. V. Erven P. Noordhoff. 1947. Preis 5 $.

Das von W. J. Nickerson in Gemeinschaft mit 12 Mitarbeitern herausgegebene Buch ist nicht als klinisches Handbuch gedacht, obgleich es auch in dieser Beziehung manche Anregung bringt, es gibt vielmehr einen ausgezeichneten Überblick über den Stand der Forschung auf dem schwierigen Gebiet der Biologie, Physiologie und Systematik der wichtigsten Gruppen menschenpathogener Pilze.

Es werden behandelt: Die Biologie der pathogenen Torulopsidoideen (J. Lodder), die Erreger der Chromoblastomykose (A. L. Carrion u. Margarita Silva), die Biologie von Pityrosporum ovale (Rhoda W. Benham), die Biologie von Coccidioides (C. W. Emmons), die Arbeiten der italienischen Forscher in den Jahren 1941—45 (R. Ciferri u. P. Redaelli), die Wirkung von Sulfonamiden und antibiotischen Substanzen (F. T. Wolf), die geographische Verbreitung einiger durch Pilze verursachter Erkrankungen (D. S. Martin), Ernährung und Stoffwechsel (W. J. Nickerson u. J. W. Williams), Stoffwechselprodukte (W. J. Nickerson), Lipide (R. L. Peck) und Atmung und Gärung (W. J. Nickerson).

Überblickt man den Inhalt der einzelnen Kapitel, so ergibt sich, daß erfreulicherweise doch schon Ansätze zu einem vertieften Eindringen in die Eigenart dieser Mikroorganismen und zur Herausarbeitung allgemeiner Gesichtspunkte vorhanden sind. Andererseits geben die Hinweise auf die zahlreichen, noch vorhandenen Lücken und Unklarheiten der Forschung neue Impulse. Hierin dürfte der Hauptwert des Buches, auch für den deutschen Leser, zu erblicken sein, um so mehr, als viele der behandelten Pilze keineswegs auf tropische oder subtropische Gebiete der Erde beschränkt sind. — Unter den Torulopsidoideen ist Torulopsis (Cryptococcus) neoformans hervorzuheben, die übrigens 1894 von O. Busse zum erstenmal isoliert und kultiviert worden ist. Sie ist Erreger einer Allgemeinerkrankung mit vorherrschenden Läsionen des Zentralnervensystems. Die Epidemiologie und Pathogenese der über die ganze Erde verbreiteten Krankheit ist, wie bei vielen anderen Mykosen des Menschen, noch unklar. Chromoblastomykose ist eine Hautkrankheit, hervorgerufen durch verschiedene Pilze, unter ihnen vor allem Fonsecaea (Hormodendrum) Pedrosoi und Phialophora verrucosa. Das hefeartige Pityrosporum ovale (Torulopsidoideae) findet sich in Kopfschuppen und ist dadurch bemerkenswert, daß es in Reinkultur Fett oder Fettsäuren braucht (Ölsäure, Ätherextrakte aus Butter, Lanolin). Coccidioides immitis ist wahrscheinlich ein Phycomycet, der auch in Europa festgestellt worden ist, und ruft primär Lungenaffektionen hervor, an die sich in etwa 0,2 % der Fälle eine generalisierte Mykose mit zahlreichen Abszessen (Granulomen) anschließt. Unter den Arbeiten der italienischen Autoren verdienen die Untersuchungen über das Vorkommen von Pilzen, besonders von Oospora und Mortierella, in exhumierten menschlichen Kadavern Beachtung, ferner über menschenpathogene, heterotrophe Algen, zu denen neben Prototheca auch Blastocystis gerechnet wird. Als menschen- und pflanzenpathogen wird Verticillium (Cephalosporium) Serrae angesehen. Die Wirksamkeit von Sulfonamiden bei Pilzen wurde in vitro bereits 1936 von Fourneau und seinen Mitarbeitern erkannt. Menschenpathogene Arten sprechen besonders auf das einfache Sulfanilamid an. Auch über klinische Erfolge wird berichtet, jedoch ist das Bild noch recht widerspruchsvoll. Unter den antibiotischen Substanzen scheinen Gliotoxin, Streptothricin, Thyrothricin in vitro am besten zu wirken, während Penicillin zurückbleibt, soweit man bei dem unterschiedlichen Verhalten der einzelnen Arten überhaupt allgemeine Regeln aufstellen kann. Die geographische Verbreitung einiger Mykosen wird an Hand von Übersichtskarten demonstriert. Für Europa kommen, abgesehen von Aktinomykosen, die gelegentlich in einzelnen Beiträgen des Buches mit erwähnt werden und von den durch Schimmelpilze (Aspergillaceen, Mucoraceen) hervorgerufenen Mykosen, vor allem Torulopsis neoformans, Candida (Monilia) albicans und die Erreger der Sprorotrichose in Frage, während Chromoblastomykose (Rußland), Histoplasmose (Histoplasma capsulatum, England), Rhinosporidiose (Rhinosporidium Seeben, Italien, England) und Coccidioidomykose (Italien) bisher nur vereinzelt beobachtet worden sind. Die letzten vier Abschnitte befassen sich mit der Physiologie der Ernährung und des Stoffwechsels mit dem Ziel, etwa vorhandene Besonderheiten gegenüber nicht-menschenpathogenen Pilzen und anderen Mikroben aufzudecken und Ansatzpunkte für therapeutische Maßnahmen zu gewinnen. Auffällig ist das Verhalten von Kulturen menschenpathogener Pilze in bezug auf ihren geringen Bedarf an organischen Wirkstoffen, ein Verhalten, das dem der meisten pathogenen Bakterien und Protozoen sowie der pflanzenpathogenen Pilze entgegengesetzt ist und mit dem Vorhandensein eines von der parasitären Lebensweise unabhängigen saprophytischen Reservoirs in Verbindung gebracht wird. Dagegen scheint das Wachstum in vielen Fällen von verhältnismäßig großen Mengen von Spurenelementen abhängig zu sein. Die p_H-Toleranz ist im allgemeinen groß, besonders bei Dermatophyten, so wächst z. B. Trichophyton mentagrophytes bei p_H 3—10,5. Ein wichtiger Faktor ist die Temperatur: Bei den von der Körpertemperatur stärker abhängigen Mykosen mit tiefem Sitz (im Gegensatz zu oberflächlich haftenden Dermatomykosen) entwickeln sich in den Reinkulturen oftmals bei 25° C charakteristische, die Bestimmung ermöglichende Wuchsformen, die bei Bluttemperatur fehlen (Mycelbildung bei Blastomyces dermatitidis, Histoplasma capsulatum). In bezug auf die relative Luftfeuchtigkeit gehören die Dermatophyten zu den anspruchsvollsten Pilzen. Unter den Stoffwechselprodukten haben besonders Polysaccharide, Pigmente, Proteine und Lipide Beachtung gefunden. Unter den Bestandteilen der letzteren fehlten bis jetzt Fettsäuren mit verzweigten Ketten, die bei manchen pathogenen Bakterien eine wichtige Rolle spielen. Atmung und Gärung werden vergleichend für die wenigen bisher untersuchten menschenpathogenen und für verwandte nichtpathogene Arten behandelt. Bei einigen Dermatophyten (Epidermophyton floccosum, Trichophyton gypseum und rubrum) wird die Atmung durch Salze von Zn, Ag, Hg bei Konzentrationen von 0,0001 M aufwärts zunehmend gehemmt.

Die Literaturangaben der einzelnen Kapitel, die, abgesehen von Arbeiten älteren Datums, überwiegend Veröffentlichungen ausländischer Autoren der letzten 15 Jahre aufweisen, erleichtern das Einarbeiten in ein Gebiet, das lange Zeit gegenüber den menschenpathogenen Bakterien, Protozoen und Viren vernachlässigt worden ist.

W. Schwartz.

Eingegangen am 28. Februar 1949

HANDBUCH der analytischen Chemie

Bearbeitet von zahlreichen Fachgelehrten

Herausgegeben von

Prof. Dr. R. Fresenius, Wiesbaden, und **Prof. Dr. G. Jander**, Greifswald

Bisher erschienene Bände:

2. Teil. Qualitative Nachweisverfahren.

Bd. Ia. **Elemente der ersten Hauptgruppe** (einschl. Ammonium). Wasserstoff, Lithium, Natrium, Kalium, Ammonium, Rubidium, Caesium. Mit 80 Abbildungen. XII, 222 Seiten. 1944. DMark 30,-, geb. DMark 33,-.

Bd. III. **Elemente der dritten Gruppe.** Bor, Aluminium, Gallium, Indium, Thallium, Scandium, Yttrium, Elemente der seltenen Erden (Lanthan bis Cassiopeium), Actinium. Mit 13 Abbildungen und 1 Tafel. XII, 196 Seiten. 1944. DMark 27,-.

Bd. VI. **Elemente der sechsten Gruppe.** Sauerstoff, Schwefel, Selen, Tellur, Chrom, Molybdän, Wolfram, Uran. Mit 61 Abbildungen. XII, 267 Seiten. 1948. DMark 39,-.

3. Teil. Quantitative Bestimmungs- und Trennungsmethoden.

Bd. Ia. **Elemente der ersten Hauptgruppe** (einschl. Ammonium). Lithium, Natrium, Kalium, Ammonium, Rubidium, Caesium. Mit 31 Abbildungen. XV, 404 Seiten. 1940. DMark 51,-.

Bd. IIa. **Elemente der zweiten Hauptgruppe.** Beryllium, Magnesium, Calcium, Strontium, Barium, Radium und Isotope. Mit 13 Abbildungen. XI, 446 Seiten. 1940. DMark 57,-.

Bd. IIb. **Elemente der zweiten Nebengruppe.** Zink, Cadmium, Quecksilber. Mit 46 Abbildungen. XI. 587 Seiten. 1945. DMark 70.-, geb. DMark 72,50.

Bd. III. **Elemente der dritten Gruppe.** Bor, Aluminium, Gallium, Indium, Thallium, Scandium, Yttrium, Elemente der seltenen Erden (Lanthan bis Cassiopeium), Actinium und Mesothor 2. Mit 37 Abbildungen. XI, 852 Seiten. 1942. Vergr.

In Kürze erscheint:

Bd. VIIIa. **Elemente der achten Hauptgruppe** (Edelgase) etwa DMark 18,-.

Materialprüfung mit Röntgenstrahlen

unter besonderer Berücksichtigung der Röntgenmetallkunde

Von **Dr. Richard Glocker,** Professor der Röntgentechnik an der Technischen Hochschule Stuttgart

Dritte erweiterte Auflage. Mit 349 Abbildungen. Etwa 400 Seiten. 1949. Gebunden DMark 58,-.

INHALTSÜBERSICHT: Einleitung. - 1. Die Natur der Röntgenstrahlen und die verschiedenen Verfahren der Werkstoffprüfung mittels Röntgenstrahlen. - *I. Erzeugung der Röntgenstrahlen:* 2. Allgemeines über Röntgenröhren. 3. Ausführungsformen von Röntgenröhren und Glühventilröhren. 4. Röntgenapparate. 5. Strahlenschutz. - *II. Eigenschaften der Röntgenstrahlen:* 6. Absorption und Sekundärstrahlung. 7. Beugung und Brechung. 8. Ionisation und photographische Wirkung. - *III. Grobstrukturuntersuchung:* 9. Allgemeine Grundlagen der Grobstrukturuntersuchung. 10. Praktische Anwendung der Grobstrukturuntersuchung. *IV. Spektralanalyse:* 11. Röntgenspektroskopische Apparate. 12. Gesetzmäßigkeiten des Röntgenspektrums. 13. Qualitative Röntgenspektralanalyse. 14. Quantitative Röntgenspektralanalyse. - *V. Feinstrukturuntersuchung:* 15. Überblick über die verschiedenen Verfahren der Feinstrukturuntersuchung und ihre Anwendungsgebiete. 16. Kristallographische Grundlagen I. 17. Kristallographische Grundlagen II. 18. Debye - Scherrer-Aufnahmen (Pulverdaigramme). 19. Laue - Aufnahmen. 20. Drehkristallverfahren und Spektrometerverfahren. 21. Röntgengoniometerverfahren. 22. Intensitätsgesetze der Röntgeninterferenzen. 23. Überblick über den Gang einer Strukturbestimmung. 24. Beschreibung von Kristallstrukturen anorganischer und organischer chemischer Stoffe und Grundzüge der Kristallchemie. 25. Struktur von Legierungen. 26. Verbreiterung der Röntgeninterferenzen und Bestimmung der Kristallgröße. 27. Messung von elastischen Spannungen. 28. Kristalltexturen. 29. Nichtkirstalline Stoffe und Flüssigkeiten. 30. Mathematischer Anhang. - Schrifttumsverzeichnis. - Sachverzeichnis.

SPRINGER-VERLAG / BERLIN · GÖTTINGEN · HEIDELBERG

Debyeflex Röntgenapparat

für Feinstruktur-Untersuchungen

Aufnahmegeräte

der verschiedensten Art

Rich. Seifert & Co.

Röntgenwerk · Hamburg 13

ZEISS MIKROSKOPE

in bekannter Friedensausführung wieder kurzfristig lieferbar!

CARL ZEISS JENA

OPTIK **CARL ZEISS JENA** V E B

J.D.MÖLLER WEDEL/HOLST. GMBH.

Möller Wedel

JDEM SEIT 1864

MESSOPTIK

Linsen, Prismen, Plan- und Planparallel-Platten

HOCHLEISTUNGSSPIEGEL

plan und sphärisch, für Total- und Teilreflexion mit genauen Durchlässigkeitswerten, mechanisch und thermisch fest

KLEINSTSPIEGEL UND KLEINSTPRISMEN

in jeder Ausführung und in Meßoptikqualität

VERGÜTUNG OPTISCHER GLÄSER

KREIS- UND LÄNGS-PRÄZISIONSTEILUNGEN

Glaskreise, Okular- und Objektmikrometer

MESSGERÄTE

Kollimatoren, Dynameter, Gonio-Spektrometer, Spektroskope, Brennweitenmesser, Scheitelbrechweitmesser

Lichtelektrisches

Becherglas-Kolorimeter

mit Reagenzglaseinsatz

kurzfristig lieferbar;

ebenso **Photoelemente, Luxmeter** und **Ultra-Relais.**

Dr. B. Lange, Bln.-Zehlendorf,

Hermannstr. 14/18 Tel.: 848122

Dr. B. LANGE BERLIN

E. Schmidt / J. Gadamer

Anleitung zur qualitativen Analyse

Vierzehnte Auflage bearbeitet von Dr. F. v. Bruchhausen, o. ö. Prof. d. pharm. Chemie Braunschweig. Mit 8 Tabellen. VIII, 109 Seiten. 1948. DMark 7,50

Anleitung zur organischen qualitativen Analyse

Von Dr. Hermann Staudinger, o. ö. Prof. d. Chemie, Direktor des Chemischen Universitäts-Laboratoriums u. d. Forschungsinstituts f. makromolekulare Chemie, Freiburg i. Br. Unter Mitarbeit v. Dr. Werner Kern, pl. a. o. Prof. f. organische Chemie an der Universität Mainz. Fünfte Auflage. XII, 162 Seiten. 1949. DMark 8,40.

SPRINGER-VERLAG / Berlin · Göttingen · Heidelberg

Körperbau und Charakter

Untersuchungen z. Konstitutionsproblem u. zur Lehre von den Temperamenten. Von Dr. Ernst Kretschmer, ord. Professor für Psychiatrie und Neurologie in Tübingen. Neunzehnte, verbesserte u. vermehrte Auflage. Mit 61 Abbildungen. XIII, 319 Seiten. 1948. Halbleinen DMark 14,70.

Geniale Menschen

Von Dr. Ernst Kretschmer, ord. Professor für Psychiatrie und Neurologie in Tübingen. Mit einer Porträtsammlung. Vierte Auflage (16.-20. Tausend). V, 217 Seiten. 1948. Halbleinen DMark 18,60.

Ein Querschnitt durch die Arbeit der Tübinger Nervenklinik

Ernst Kretschmer zum sechzigsten Geburtstag von seinen Schülern und Mitarbeitern. Mit 64 Abbildungen und 1 Porträt. II, 420 Seiten. 1949. DMark 36,-.

SPRINGER-VERLAG / Berlin · Göttingen · Heidelberg

Veröffentlicht unter Zulassungs-Nr. 48 der Britischen Militärregierung. - Herausgeber und verantwortlicher Redakteur: Professor Dr. Arnold Eucken, Göttingen, Bürgerstraße 50. - Für den Anzeigenteil verantwortlich: Hans-Georg Halfter, Berlin W 35, Reichpietschufer. 20 - Druck: A. Bagel, Düsseldorf. - Springer-Verlag, Berlin, Göttingen, Heidelberg. - Printed in Germany.